

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018,
publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano

MAESTRÍA EN CIUDAD Y ESPACIO PÚBLICO SUSTENTABLE



Desarrollo de un modelo para la gestión integral de las aguas urbanas:

Estudio de caso de la colonia Chapalita, Guadalajara, México

Trabajo recepcional que para obtener el grado de

MAESTRA EN CIUDAD Y ESPACIO PÚBLICO SUSTENTABLE

Presenta: Elena Concepción Chan Chablé

Tutor: Dr. José De Anda Sánchez

San Pedro Tlaquepaque, Jalisco, junio de 2018.

AGRADECIMIENTOS

A JEHOVÁ, por tocar los corazones de todas las personas que abrieron las puertas de las instituciones que me apoyaron para continuar con mi preparación académica. Sobre todo, agradezco, la fortaleza que me dio para levantarme a pesar de las caídas, para enfrentar las dificultades que encontré en el camino, así como, su guía y dirección hacia las personas que me apoyaron para realizar este proyecto, de las que, valoro y me llevo en el corazón todas sus enseñanzas para la vida y mi madurez como persona.

Al CONACYT, por su apoyo institucional, para continuar mi preparación académica y por el seguimiento que me ha dado a través de los apoyos complementarios que se me han proporcionado.

Al Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología (COQCYT), por su confianza en mí y el gran apoyo que me brindaron desde el principio, en mi preparación y fortalecimiento a través de los cursos que pusieron a mi disposición, sobre todo, agradezco que no me hayan soltado de la mano y todo el acompañamiento moral que recibí de todas las personas que me tendieron la mano.

A Residentes de Chapalita A.C. por facilitarme la información solicitada para el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Nicolás Díaz Infante, por facilitar el estudio de agua potable que realizó para la colonia que fue parte importante para la realización de este trabajo de investigación.

Al Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. (CIATEJ), especialmente al Dr. José de Anda Sánchez, por creer en mí y facilitarme las herramientas necesarias con las que me fortalecí profesionalmente.

Al Mtro. José de Jesús Díaz Torres (CIATEJ), por todo su apoyo y enseñanza que aportó y fortaleció la realización de este trabajo de investigación.

Al Mtro. Jorge Quintal Hay, por brindarme su valioso tiempo, su apoyo y enseñanza que aportó significativamente para la realización de esta investigación.

Al departamento de Geografía y Ordenación Territorial del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades (CUCSH), especialmente al Dr. Luis Valdivia Ornelas, por facilitar la información requerida para realizar este trabajo de investigación.

Al Lic. en Geografía Samuel Alatorre Ramos (CUCSH), por facilitar información necesaria para realizar este trabajo de investigación.

Al Ing. Carlos Aguirre Paczka, por su valioso tiempo y enseñanzas, mediante las cuales comprendí los términos de ingeniería civil.

Ing. Margarita Castrillo de la Peña, por su valioso tiempo y enseñanzas, mediante las cuales comprendí los términos de ingeniería civil.

Título: Desarrollo de un modelo para la gestión integral de las aguas urbanas: Estudio de caso de la colonia Chapalita, Guadalajara, México

Resumen: En el presente proyecto de investigación se analiza la evolución que ha experimentado el manejo de los recursos hídricos en la colonia Chapalita hasta la actualidad para evaluar el modelo actual de gestión del agua, a fin de proponer un modelo conceptual de balance hídrico de la colonia que permita conocer las áreas de oportunidad en la gestión de las aguas urbanas y proponer alternativas para mitigar los riesgos de seguridad hídrica que enfrentarán sus habitantes en los próximos años por el incremento de la población, los cambios en el uso del suelo y la reducción de la disponibilidad hídrica en las fuentes de abastecimiento.

Las disciplinas seleccionadas en este estudio permitirán establecer las unidades de análisis y variables para la reconstrucción del modelo actual de gestión de las aguas urbanas en la zona de estudio de acuerdo con el carácter explicativo de evaluación y diagnóstico de la investigación.

El modelo para el área de estudio fue construido con un algoritmo simplificado para explicar el balance hídrico de la cuenca urbana de Chapalita, teniendo como base las principales entradas y salidas y los procesos de acumulación del sistema, a cada una de las corrientes del modelo, se le asignó un color en función de la clasificación de la huella hídrica, dada la complejidad del modelado del balance hídrico de una cuenca urbana, se tomó como marco de referencia las escalas espaciales 1. El bloque de unidad; 2. El clúster y 3. La cuenca.

Lo más relevante del modelo de acuerdo con los conceptos de la huella hídrica es: el agua azul del fraccionamiento se estimó en 1,833,749.05 m³/año, que implica la extracción de agua subterránea para el suministro por uso consuntivo, sin tomar en cuenta la que se pierde en la red de abastecimiento, el agua verde es de 56,082.87 m³/año, producto del uso del agua en el riego de las áreas verdes públicas y privadas, el volumen de agua gris es de aproximadamente 2,575,124.84 m³/año, producto de la combinación de la descarga de agua residuales con las aguas pluviales que se canalizan a la red de alcantarillado. De acuerdo con las primeras estimaciones del modelo, en la colonia se deja de recuperar un volumen de agua estimado de 3,554,201.58 m³/año, lo suficiente para satisfacer el agua requerida por sus habitantes. Esta agua no recuperada proviene de cinco fuentes principales, la primera es el agua que se pierde en la red de abastecimiento y edificaciones que representa un volumen de 466,332.83 m³/año, la segunda es el agua pluvial que llega a las azoteas de las construcciones y se conduce a la red de alcantarillado con un volumen de 583,976.41 m³/año, la tercera es la procedente de la escorrentía que igualmente se canaliza a la red de alcantarillado con un volumen de 524,149.19 m³/año, la cuarta proviene de las aguas residuales que se podrían recuperar mediante tratamiento, ésta representa un volumen de 1,466,999.24 m³/año, y la quinta es el agua sanitaria que se conduce a la red de alcantarillado con un volumen de 512,743.91 m³/año.

Para reducir su huella hídrica es necesario generar un plan hídrico del fraccionamiento de mediano a largo plazo mientras se realizan obras de captación, separación y tratamiento del agua pluvial y del agua sanitaria, así como las de sustitución de la red de abastecimiento de agua potable y de conducción de las aguas sanitarias.

Palabras clave: México, Guadalajara, Colonia Chapalita, Gestión integral de aguas urbanas, Agua potable, Agua pluvial, Agua residual, Balance hídrico, Riesgo hídrico, Modelos de gestión del agua urbana.

LGAC 4: Análisis y gestión de infraestructura y equipamiento sustentable.

Modalidad de TOG: Estudio de caso

ÍNDICE

Contenido

1.	MARCO CONTEXTUAL	1
1.1.	Objetivo del estudio de caso	1
1.2.	Alcance del estudio de caso	1
1.3.	Relevancia del estudio de caso.....	1
1.4.	Ubicación de campos disciplinares	1
2.	ANTECEDENTES DE LA GESTIÓN DE LAS AGUAS URBANAS	3
2.1.	Contexto histórico	3
2.2.	La gestión sustentable del agua urbana.....	3
2.3.	La gestión integrada del agua urbana.....	10
2.4.	La gestión sustentable de las aguas urbanas para las ciudades del futuro.....	14
2.5.	Casos de éxito en la gestión sustentable de las aguas urbanas	15
3.	LA GESTIÓN DEL AGUA URBANA EN MÉXICO	18
3.1.	Crecimiento de la población en México y presión hídrica.....	21
3.2.	La gestión del agua urbana en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG).....	22
3.3.	Urbanización y su impacto en el acuífero de Atemajac	23
3.4.	Problemática en la gestión del agua en la colonia Chapalita	32
4.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	34
4.1.	Localización del área de estudio	34
4.2.	Características del territorio	37
4.2.1.	Topografía.....	37
4.2.2.	Edafología.....	38
4.2.3.	Geomorfología	39
4.2.4.	Geología.....	39
4.2.5.	Usos del suelo y vegetación	40
4.2.6.	Hidrología Superficial.....	40
4.2.7.	Hidrología subterránea.....	44
5.	PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	47
5.1.	Diseño de instrumentos y métodos de obtención de información.....	52
5.1.1.	La investigación documental	52
5.1.2.	Análisis con Sistemas de Información Geográfica y modelado hidráulico	52
5.1.3.	Diseño de cuestionario	52
5.1.4.	Entrevista	53
6.	ANÁLISIS DEL CASO	54
6.1.	Antecedentes de la gestión del agua en la colonia Chapalita.....	54
6.2.	Aspectos sociodemográficos y Crecimiento de la Población	56
6.3.	Cambios en el uso de suelo	72
6.4.	Fuentes de abastecimiento de agua de la colonia Chapalita.....	83
6.4.1.	Pozos de abastecimiento	83
6.4.2.	Fugas en la red de distribución	84
6.5.	Crecimiento de la demanda de agua.....	86
6.6.	Gestión de las aguas pluviales	87
6.7.	Gestión de las aguas residuales	89
6.8.	Riesgos hídricos.....	91
6.8.1.	Contaminación del agua.....	91
6.8.2.	Fuentes potenciales de contaminación del agua.....	91
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	102
7.1.	Componentes del modelo.....	102
7.1.1.	Hidráulica de los pozos de abastecimiento	102

7.1.2.	Abatimiento del nivel freático en los pozos concesionados a la colonia Chapalita	112
7.1.3.	Red hidráulica de abastecimiento del agua potable	114
7.1.4.	Abastecimiento complementario.....	123
7.1.5.	Suministro de agua para las personas, gestión del agua pluvial y residual en el bloque de unidad 124	129
7.1.1.	Aporte de agua residual.....	129
7.1.2.	La cuenca	129
7.1.3.	Temperatura	129
7.1.4.	Precipitación pluvial y Precipitación máxima en 24 horas	130
7.1.5.	Evaporación y evapotranspiración	132
7.1.6.	Escurrimiento superficial	133
7.2.	Desarrollo del modelo conceptual.....	144
7.3.	Solución del modelo de balance hídrico y simulación del escenario actual	144
7.4.	Riesgos hídricos.....	146
7.5.	Discusión.....	150
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	152
9.	BIBLIOGRAFÍA	155
10.	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	163
11.	ANEXOS	168
11.1.	Anexo 1: Cuestionario	168
11.2.	Anexo 2: Guía de entrevista.....	178
11.3.	Anexo 3: Guía de entrevista.....	178
11.4.	Anexo 4: Guía de entrevista.....	181
11.5.	Anexo 5: Estatutos de la Colonia Chapalita.....	182
11.6.	Anexo 6: Historial de Inundaciones en la Colonia Chapalita	186
11.7.	Anexo 7: Requerimientos para la colonia Chapalita.....	189

Índice de figuras

Figura 1.	Campos disciplinares más relevantes a considerar en la zona de estudio.	2
Figura 2.	Gestión de aguas pluviales en Malmö, Suecia.....	15
Figura 3.	Evolución de la población rural y urbana de México (millones de habitantes).....	21
Figura 4.	Regiones hidrológico-administrativas de México.	22
Figura 5.	Prospectiva de la concentración de la población de México.	22
Figura 6.	Ubicación de la subregión de planeación 3 Alto Santiago.	23
Figura 7.	Crecimiento histórico de la ZMG 1900-2000.....	24
Figura 8.	Huella de la ZMG 1990-2015.....	25
Figura 9.	Urbanización en el acuífero de Atemajac.	26
Figura 10.	Condición del acuífero de Atemajac.....	27
Figura 11.	Aprovechamientos del acuífero de Atemajac años 1981, 1984-1985, 1989-1990, 2003, 2011, 2012 y 2015.....	28
Figura 12.	Zona de autoabastecimiento.	29
Figura 13.	Disponibilidad medio anual del acuífero de Atemajac años 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015 y 2018.....	30
Figura 14.	Escenarios de crecimiento de la superficie urbanizada 2045.	31
Figura 15.	Ubicación de la colonia Chapalita en la ZMG.....	34
Figura 16.	Jurisdicción de Residentes de Chapalita A.C.	36
Figura 17.	Topografía en el área de estudio.....	37
Figura 18.	Topografía de los Distritos Urbanos ZPN-5 “Vallarta-Patria” y ZPN-6 “Las Águilas”.....	37
Figura 19.	Relieve Chapalita.....	38

Figura 20. Edafología en el área de estudio.	38
Figura 21. Geología en el área de estudio.	39
Figura 22. Región hidrológica administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico.	41
Figura 23. Región hidrológica administrativa.	41
Figura 24. Subcuencas Zona Metropolitana de Guadalajara.	42
Figura 25. Red hidrográfica superficial de las Subcuencas Atemajac-Río San Juan de Dios	42
Figura 26. Cauces y cuencas en el municipio de Guadalajara	43
Figura 27. Localización de cuencas principales Chapalita.	43
Figura 28. Localización de Chapalita en el acuífero de ATEMAJAC.	44
Figura 29. Unidades estratigráficas mayores.	45
Figura 30. Diagrama general del proceso de investigación.	47
Figura 31. Modelo de balance hídrico de la cuenca urbana de la colonia Chapalita.	51
Figura 32. Organigrama Residentes de Chapalita A.C.	55
Figura 33. Promedio de ocupantes por vivienda.	59
Figura 34. Localización de las AGEB y población fija Chapalita.	59
Figura 35. Unidades económicas Chapalita.	71
Figura 36. Población flotante por AGEB de Guadalajara y Zapopan.	72
Figura 37. Población fija y flotante de la colonia Chapalita.	72
Figura 38. Zonificación primaria Chapalita, 1991.	74
Figura 39. Superficies de la zonificación primaria Chapalita, 1991.	74
Figura 40. Zonificación primaria Chapalita Guadalajara, 2000-2003.	75
Figura 41. Zonificación primaria de Chapalita 2012-2015.	76
Figura 42. Superficies de la zonificación primaria Chapalita, 2012-2015.	76
Figura 43. Uso de suelo Chapalita 2012-2015.	78
Figura 44. Uso de suelo Chapalita del año 2012-2015.	78
Figura 45. Uso de suelo Chapalita del año 2017.	79
Figura 46. Uso de suelo Chapalita del año 2017.	79
Figura 47. Obras en proceso y viviendas demolidas.	80
Figura 48. Morfología urbana y predios subdivididos 2017.	82
Figura 49. Pozos de abastecimiento de la colonia Chapalita	83
Figura 50. Antigüedad aproximada de las redes de agua potable Municipio de Guadalajara.	85
Figura 51. Áreas de abastecimiento deficiente de Chapalita.	86
Figura 52. Pozos de absorción de la colonia Chapalita.	88
Figura 53. Canal Santa Catalina de Siena.	89
Figura 54. Sistema de colectores y subcolectores ZMG-Chapalita 1975.	90
Figura 55. Planta de tratamiento de aguas residuales Agua Prieta.	90
Figura 56. Estaciones de monitoreo atmosférico ZMG.	93
Figura 57. Distribución poblacional por municipio, del área Metropolitana Censo 2010.	94
Figura 58. Índice de motorización para el Estado de Jalisco 2000-2014.	94
Figura 59. Antigüedad del parque vehicular en circulación durante el 2015.	94
Figura 60. Contaminantes emitidos por tipo de combustible en vehículos.	95
Figura 61. Contaminantes emitidos por tipo de combustible en vehículos.	95
Figura 62. Contaminantes emitidos por tipo de combustible en vehículos.	95
Figura 63. Inundaciones históricas 1897-1920.	97
Figura 64. Inundaciones históricas 1921-1940.	97
Figura 65. Inundaciones históricas 1941-1960.	97
Figura 66. Inundaciones históricas 1961-1980.	98

Figura 67. Inundaciones históricas 1981-2000.	98
Figura 68. Inundaciones históricas 2001-2012.	98
Figura 69. Ubicación de inundaciones históricas Chapalita 1983-2015.	99
Figura 70. Inundaciones históricas Chapalita 1983-2000.	99
Figura 71. Inundaciones históricas Chapalita 2001-2015.	100
Figura 72. Sistema de colectores ZMG.....	101
Figura 73. Pozos de referencia cercanos a la colonia Chapalita.	102
Figura 74. Hidráulica del pozo Niño Obrero.	103
Figura 75. Hidráulica de los pozos Pocito y Las Rosas.	104
Figura 76. Hidráulica de los pozos Ingenieros y Tonántzin.....	105
Figura 77. Curvas de evolución de isoelevación 1996- 2003.	107
Figura 78. Línea de impulsión pozo Niño Obrero.	108
Figura 79. Línea de impulsión pozo Pocito.	109
Figura 80. Línea de impulsión pozo Las Rosas.	110
Figura 81. Línea de impulsión pozo Ingenieros.....	111
Figura 82. Línea de impulsión pozo Tonántzin.	112
Figura 83. Tuberías troncales y secundarias de la red de abastecimiento de Chapalita.	116
Figura 84. Usuarios del agua en Chapalita.	121
Figura 85. Modelado de presiones en la red Chapalita.	123
Figura 86. Área impermeable en propiedad privada colonia Chapalita.	127
Figura 87. Climodiagrama de la Estación Guadalajara, periodo 1962-2009.	130
Figura 88. Media Mensual de Lluvias Máximas en 24 h del periodo 1962-2009.....	130
Figura 89. Microcuencas y cauces.	136
Figura 90. Caudal estimado en la microcuenca norte con el método racional.....	137
Figura 91. Caudal estimado en la microcuenca sur con el método racional.	138
Figura 92. Caudal estimado en la microcuenca norte con el método Soil Conservation Service.....	139
Figura 93. Caudal estimado en la cuenca sur con el método Soil Conservation Service.....	141
Figura 94. Hidrogramas para la microcuenca norte.	143
Figura 95. Hidrogramas para la microcuenca sur	143
Figura 96. Balance hídrico: situación actual de Chapalita.....	144
Figura 97. Concentración de la población fija-flotante y potencial de crecimiento máximo 2045.....	147
Figura 98. Riesgo hídrico por instalaciones en Chapalita.....	148

Índice de tablas

Tabla 1	18
Tabla 2	26
Tabla 3	28
Tabla 4	31
Tabla 5	35
Tabla 6	40
Tabla 7	48
Tabla 8	57
Tabla 9	58
Tabla 10	58
Tabla 11	60
Tabla 12	62
Tabla 13	70
Tabla 14	71

Tabla 15	73
Tabla 16	81
Tabla 17	82
Tabla 18	84
Tabla 19	87
Tabla 20	104
Tabla 21	106
Tabla 22	106
Tabla 23	108
Tabla 24	109
Tabla 25	110
Tabla 26	111
Tabla 27	112
Tabla 28	117
Tabla 29	119
Tabla 30	127
Tabla 31	128
Tabla 32	129
Tabla 33	131
Tabla 34	131
Tabla 35	132
Tabla 36	133
Tabla 37	135
Tabla 38	135
Tabla 39	137
Tabla 40	138
Tabla 41	139
Tabla 42	141
Tabla 43	145
Tabla 44	147

1. MARCO CONTEXTUAL

1.1. Objetivo del estudio de caso

El objetivo del presente estudio de caso es proponer un modelo conceptual de balance hídrico de la colonia Chapalita a fin de conocer las áreas de oportunidad en la gestión de las aguas urbanas y proponer alternativas para mitigar los riesgos de seguridad hídrica que enfrentarán sus habitantes en los próximos años por el incremento de la población, los cambios en el uso del suelo y la reducción de la disponibilidad hídrica en las fuentes de abastecimiento.

1.2. Alcance del estudio de caso

Conocer la evolución que ha experimentado el uso de los recursos hídricos en la colonia Chapalita, investigar cuál es su situación actual, analizar y evaluar el modelo actual de gestión del agua y proponer un modelo que permita identificar las áreas de mejora a fin de disminuir los riesgos relacionados con la seguridad hídrica y vulnerabilidad de la fuente de agua de sus habitantes.

1.3. Relevancia del estudio de caso

Con este proyecto, se busca establecer una asociación entre la planificación del desarrollo urbano y la gestión integrada de las aguas urbanas, a través del desarrollo de un modelo que facilite la comprensión de cómo funciona el ciclo hidrológico en una colonia o fraccionamiento con la finalidad de proponer medidas orientadas a enfrentar los retos futuros de disponibilidad y calidad del agua en comunidades ubicadas dentro de ciudades con rápido crecimiento y con limitación en sus recursos hídricos.

1.4. Ubicación de campos disciplinares

Las disciplinas seleccionadas en este estudio permitirán establecer las unidades de análisis y variables para la reconstrucción del modelo actual de gestión de las aguas urbanas en la zona de estudio. La selección de los campos disciplinares se realizó con base en los siguientes criterios:

- a) El documento titulado “Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC)” del posgrado del ITESO a través del Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano (DHDU, 2015) menciona que el análisis urbano y territorial tendrá que concebirse como un sistema complejo, en el que se los sistemas de infraestructura se consideran flexibles y capaces de ser modificados para orientarlos hacia un modelo más sustentable de desarrollo para que mejoren la habitabilidad y calidad de vida de las personas.
- b) La clasificación Barros Sierra de la Nomenclatura Internacional Normalizada Relativa a la Ciencia y la Tecnología, UNESCO (Versión México 2000) se toma como base para la selección de las disciplinas aplicables al estudio de caso.

La figura 1 muestra algunas de las disciplinas que se han considerado en el desarrollo del modelo de gestión de las aguas urbanas para la zona de estudio.

Geografía	Hidrología	Ciencias jurídicas	Ciencias Políticas	Ciencias Tecnológicas	Planificación urbana
<ul style="list-style-type: none"> • Cartografía geográfica • Utilización del terreno • Geografía topográfica • Geografía económica • Geografía humana 	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas subterráneas • Hidrografía • Precipitación • Calidad de las aguas • Aguas superficiales • Hidrología urbana 	<ul style="list-style-type: none"> • Derecho y legislación nacionales 	<ul style="list-style-type: none"> • Política del medio ambiente • Administración pública • Opinión pública 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería Civil • Drenajes • Ingeniería hidráulica • Alcantarillado y depuración de aguas • Abastecimiento de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de suelo • Medio urbano

Figura 1. Campos disciplinares más relevantes a considerar en la zona de estudio.

Fuente: Nomenclatura Internacional Normalizada Relativa a la Ciencia y la Tecnología de la UNESCO (Versión México, 2000).

2. ANTECEDENTES DE LA GESTIÓN DE LAS AGUAS URBANAS

2.1. Contexto histórico

El modelo tradicional de la gestión del agua urbana para el abastecimiento, saneamiento y drenaje se remonta a mediados del siglo XIX, como respuesta a las epidemias de tifus y cólera, que diezmaron a las ciudades europeas y americanas entre los años 1830 y 1870 (Harremoes, 1997; Chocat *et al.*, 2001, citado por Mitchell, 2006).

La invasión de talleres y fábricas incubaron el hacinamiento de familias, cuartos y sótanos de vivienda estrechos, oscuros y mal ventilados, el drenado de líquidos a flor de tierra y la insalubridad provocó el azote continuo de epidemias, esta situación atrajo la atención de médicos, ingenieros y gobiernos, para mejorar las condiciones de sus ciudades en expansión (Sánchez, 2010).

Por lo anterior, se conminaba a gobiernos a poner atención a situaciones específicas para "remover las causas generales de insalubridad", como la separación, limpieza y canalización de aguas sucias de pozos, sumideros, letrinas, alcantarillas, arroyos, corrales, patios y albañales; el aseo de fuentes, calles, plazas y mercados, para ello fue necesario realizar trabajos de saneamiento (Sánchez, 2009). Con la adopción de este modelo, se mejoró drásticamente la higiene en las ciudades (Harremoes, 1997; Chocat *et al.*, 2001, citado por Mitchell, 2006).

En materia hidráulica, el sistema no garantizaba el suministro de agua para una población en constante crecimiento, era insalubre, limitado y predominantemente rural (Matés Barco, 1999, citado por CONAGUA, 2009). Con el crecimiento económico se detonó en muchas ciudades la actividad fabril y la modernización urbana para mejorar la fisonomía de los servicios (Goubert 1989; Birrichaga, 1998, citado por CONAGUA, 2009).

El sistema en red se perfeccionó con la generalización en el uso de tubería de hierro que facilitó las reparaciones, permitió mantener el agua a una alta presión para que llegara a los pisos superiores de las casas y mejorar sus condiciones higiénicas, este sistema fue creado y aplicado originalmente en Londres, Reino Unido (Birrichaga, 1998:194; Derry y Williams, 1997, citado por CONAGUA, 2009).

2.2. La gestión sustentable del agua urbana

Los principios de la gestión sustentable del agua urbana se abordaron por primera vez en el Informe Brundtland en 1987 y en la conferencia de Río en 1992 (Naciones Unidas, 1992, citado por Larsen y Gujer, 1997), donde se estableció como uno de los temas a tratar. Sin embargo, en ese entonces no se tenía claridad al tratar de introducir el concepto «sustentable» a proyectos de ingeniería hidráulica o sanitaria en un contexto urbano, incluso en la Agenda 21 no se trasladaron formalmente los principios generales a criterios operativos para el manejo del agua urbana, por esto es importante analizar el concepto y el significado real de la gestión sustentable del agua urbana («Sustainable Urban Water Management», SUWM, por sus siglas en inglés) y la forma en la que puede aplicarse este concepto a proyectos de ingeniería hidráulica o sanitaria en un contexto urbano para progresar hacia una situación sustentable (Larsen y Gujer, 1997).

Este tema que se había mantenido en el plano de las decisiones gubernamentales sin el involucramiento de la ciudadanía comenzó a discutirse con mayor frecuencia a finales de los años 1990's. Por ejemplo, Larsen y Gujer (1997) plantearon cuatro aspectos fundamentales para alcanzar una gestión sustentable del agua urbana y de esta forma lograr una distribución equitativa en tiempo y espacio:

1. Contar con los siguientes sistemas básicos:
 - a) Abastecimiento del agua potable;
 - b) Drenaje urbano (alcantarillado);
 - c) Tratamiento de aguas residuales y disposición de lodos;
2. Cumplir con las siguientes funciones:
 - a) Mantener la higiene urbana;
 - b) Dotar a la población de agua suficiente en cantidad y calidad para el consumo humano y la higiene personal;
 - c) Considerar el drenaje pluvial y las medidas para prevenir inundaciones en las áreas urbanas;
 - d) Integración de la agricultura urbana en la gestión del agua;
 - e) Proporcionar agua para fines estéticos, recreativos y culturales;
3. Tomar en cuenta la integridad de los recursos:
 - a) Recursos básicos: las aguas subterráneas y superficiales;
 - b) Recursos primarios: agua, suelo, nutrientes, aire y energía;
 - c) Recursos secundarios: energía autogenerada, espacio, materiales de construcción;
 - d) Recursos antropogénicos: mano de obra calificada y la aceptación pública.
4. La gestión sustentable ideal del agua urbana es:
 - a) Establecer límites antropogénicos, esto implica tomar en cuenta el derecho de las comunidades más vulnerables a contar con un nivel mínimo de los servicios de abastecimiento, alcantarillado y disposición segura de sus aguas residuales;
 - b) Tener medios de acción-recursos, es decir, los recursos, naturales y antropogénicos, constituyen los medios de acción.
 - c) Visualizar de forma global el impacto ambiental, es decir, tomar en cuenta que las acciones locales tienen consecuencias globales; y
 - d) Contar con los métodos que permitan cambiar la perspectiva de la prestación de servicios relacionados con el agua urbana a la perspectiva de la gestión de los recursos naturales y la protección de los ecosistemas.

Las seis directrices para la gestión sustentable del agua urbana propuesta por Larsen y Gujer (1997) son:

1. Definir los servicios a prestar y no fijar la mente únicamente en mejorar la tecnología existente;
2. Establecer un mínimo de recursos hídricos a utilizar, sin depender de la tecnología;

3. Evitar la exportación de problemas en el tiempo y el espacio;
4. Evitar la exposición de los recursos hídricos a contaminantes por un tiempo prolongado;
5. Minimizar la explotación de los diferentes tipos de recursos; y
6. Realizar la transición del modelo tradicional al modelo sustentable en la gestión del agua urbana.

La contribución de Larsen y Gujer (1997) es la propuesta de los principios generales que facilitan el establecimiento de los criterios operativos para lograr la sustentabilidad en la gestión del agua urbana. En su trabajo también se hace énfasis en la necesidad de contar con un enfoque global que promueve la gestión de los recursos naturales que vaya más allá de la simple prestación de servicios, donde se establecen límites en el uso de los recursos, se consideran los aspectos relacionados con la equidad social y con la protección de los recursos naturales a lo largo del tiempo y el espacio.

Por otra parte, Niemczynowicz (1999) establece el balance hídrico de las cuencas urbanas como una herramienta indispensable que facilita la toma de decisiones en tiempo real respecto al manejo de los recursos hídricos. Asimismo, contar con el modelo de balance hídrico facilita la evaluación de los impactos ambientales derivados de la toma de decisiones en cuanto a los cambios en el uso del suelo y se pueden preparar escenarios para responder oportunamente a los retos presentes y futuros en lo referente a la gestión del agua urbana.

Para el desarrollo de un modelo de balance hídrico como herramienta de gestión, es necesario contar con conocimientos de hidrología urbana como disciplina científica. Esta disciplina se basa en los principios de las ciencias naturales y en la aplicación de los conocimientos básicos de otras disciplinas para hacer frente a los retos de la gestión del agua urbana para la planificación del desarrollo en las ciudades. Por lo tanto, la hidrología urbana como ciencia derivada de la hidrología influye notablemente en el diseño de la infraestructura hídrica en áreas urbanas y tienen un gran impacto en la función hidráulica, ambiental, social y económica en la región dentro de la cuenca (Niemczynowicz, 1999).

La infraestructura hídrica representa un valor económico y social muy grande que requiere de una entrada constante de recursos financieros que mantenga su funcionalidad para satisfacer la creciente demanda de servicios de agua debido al crecimiento de la población en las áreas urbanas, esto propicia la disminución de las fuentes de abastecimiento, porque, se incrementa la superficie pavimentada lo cual disminuye la infiltración y produce cambios significativos en las propiedades físicas de la superficie terrestre, con ello, aumenta la vulnerabilidad de las ciudades en cuanto a la seguridad en el suministro de agua en el tiempo y a lo largo de toda la superficie ocupada por el desarrollo urbano (Niemczynowicz, 1999).

Los estudios que describen la hidrología urbana de una ciudad constituyen información de apoyo bastante útil para las decisiones ante la dificultad de encontrar y utilizar nuevas fuentes de agua. Para llevar a cabo un estudio de hidrología urbana se requiere la recopilación de una cantidad importante de datos hidrológicos urbanos que tomen en cuenta las condiciones climatológicas e hidrológicas locales tales como: el tamaño de la cuenca, la ubicación, la proximidad del parteaguas, la precipitación pluvial como la entrada más importante de la escorrentía, el tamaño y el carácter

del agua superficial, las características de las aguas freáticas, la calidad del agua, las proyecciones de crecimiento de la ciudad y las posibles interacciones con las áreas rurales cercanas al perímetro urbano, los desafíos futuros más relevantes en la gestión urbana del agua según Niemczynowicz (1999) son:

1. Organizar la cooperación intersectorial entre varios actores para introducir tecnologías innovadoras para el manejo sustentable del agua, sistemas de gestión y arreglos institucionales capaces de cumplir los múltiples objetivos de equidad para el acceso al agua potable, integridad ambiental y eficiencia económica, manteniendo y proporcionando simultáneamente un alto nivel en los servicios de abastecimiento de agua para los residentes urbanos;
2. Introducir sistemas educativos, hábitos sociales, políticas, estructura y gestión de las sociedades;
3. Asegurar la cantidad y calidad del agua, así como tratamiento de aguas residuales, y el manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos;
4. Modificar los planes de estudio en las universidades ya que los aspectos técnicos no pueden separarse de los aspectos sociales, políticos y económicos;
5. Integrar la gestión urbana del agua a la política del uso del suelo, la planificación de la ciudad y el paisaje, el proceso de aprobación de desarrollo, construcción de edificios, economía, regulación, legislación, educación y aceptación social y participación comunitaria.

En la actualidad existen pocos estudios que evalúen de forma integral el balance hídrico de una cuenca urbana en donde se consideren los componentes del ciclo del agua que incluye el suministro de agua (desde las fuentes de abastecimiento), la canalización de las aguas residuales y el drenaje de aguas pluviales como componentes dentro de un solo sistema desde su entrada en forma de precipitación hasta su salida de la metrópoli como escorrentía y evapotranspiración.

Para lograr lo planteado anteriormente, se requiere la cuantificación y comprensión de los diversos componentes de entrada y salida de la cuenca en todo el ciclo del agua urbana que permita conocer el comportamiento del sistema y la respuesta de este ante eventos diversos (sequías o precipitaciones extraordinarias) para esto la herramienta ideal es el balance hídrico (Mitchell, *et al.*, 2003). No obstante, la importancia que tiene el balance hídrico total para una ciudad es un recurso frecuentemente ignorado (McPherson, 1973, 1981; Uunk y van de Ven 1984, citados por Mitchell *et al.*, 2003).

Mitchell, *et al.* (2001) propusieron una metodología conceptual con marco y algoritmos para modelar una cuenca urbana, ellos, se tomó la ecuación 1 que se aplica en esta investigación. Los conceptos del balance hídrico urbano se aplicaron por Mitchell, *et al.* (2003) a fin de modelar el comportamiento diario de la cuenca del suburbio de Curtin localizada en Canberra, ciudad capital de Australia. El estudio se realizó para evaluar la influencia de la estacionalidad y la variabilidad climática interanual en el balance hídrico de la cuenca hidrográfica, esto permitió ilustrar el impacto de la urbanización en el ciclo hidrológico y obtener una visión de las oportunidades para mejorar el uso de aguas pluviales y de las aguas residuales.

Para ello, los datos que se recaudaron para el balance hídrico urbano fueron los siguientes: selección de la cuenca, descripción de la cuenca, datos de entrada en periodo de tiempo, evapotranspiración potencial, precipitación pluvial, escorrentía, efectos del desarrollo urbano, uso diario del agua, cambios de la demanda por temporadas, porcentaje de agua irrigada, fugas, área urbana y uso del suelo, con esta información se modelaron, calibraron y validaron los modelos para realizar 3 tipos de balance: 1. Balance anual de agua; 2. Balance anual de agua de los años más secos y húmedos; 3. Balance de agua estacional, con los resultados se evaluó la posibilidad y la potencialidad del uso de las aguas pluviales y residuales (Mitchell *et al.*, 2003).

Por otra parte, autores como Hellström *et al.* (2000) y Rijsberman *et al.* (2000), trataron el tema de la gestión sustentable del agua urbana con perspectivas diferentes, en la primera destacaron la importancia de un marco de evaluación de la sustentabilidad de los sistemas técnicos y los segundos abordan la problemática desde una perspectiva filosófica o conceptual.

El trabajo de Hellström *et al.* (2000) propone criterios de sustentabilidad para sistemas de agua y alcantarillado urbanos los cuales deben proporcionar agua limpia para una variedad de usos sin dañar el medio ambiente, constar con medio para el tratamiento y disposición de las aguas residuales de los usuarios para evitar condiciones antihigiénicas, y facilitar la descarga de las aguas procedentes de tormentas para evitar daños por inundaciones. Los autores propusieron un conjunto de criterios de sustentabilidad que se dividen en cinco categorías: (1) Salud e higiene; (2) Socioculturales; (3) criterios ambientales; (4) Económicos; y (5) Funcionales y técnicos. Dentro de cada categoría principal antes mencionada se definen una serie de subcriterios.

Cabe destacar que el conjunto de criterios propuesto por Hellström *et al.* (2000) así como de los indicadores asociados no incluyen todos los aspectos posibles de la sustentabilidad, sino que se seleccionaron los criterios más adecuados para realizar comparaciones relativas entre los diferentes sistemas de agua potable y de las aguas residuales con la finalidad de contar con un parámetro de evaluación del impacto antropogénico total. Para ello seleccionaron algunos parámetros prioritarios, tales como:

(1) Salud e higiene; (2) Riesgos de infección; (3) Aspectos sociales y culturales; (4) Aceptación de medidas ambientales; (5) Eutrofización; (6) Derrame de compuestos tóxicos al agua; (7) Derrame de compuestos tóxicos al suelo cultivable; (8) Uso de recursos naturales; (9) Aspectos económicos; (10) Costo total; (11) Criterio funcional y técnico, los autores mencionan que existen varias herramientas para el análisis del impacto ambiental derivados de la utilización de los recursos hídricos, y de igual forma para la evaluación del riesgo hídrico y su impacto económico, mientras que los métodos para evaluar los aspectos socioculturales y funcionales aun requieren de un mayor desarrollo.

De particular interés es el trabajo publicado por Rijsberman *et al.* (2000) el cual discute las diferencias de naturaleza filosófica y conceptual que influyen en la elección y la aceptabilidad de un modelo de gestión del agua, para los autores un modelo de gestión del agua en áreas urbanas debe considerar: (a) la relación entre las personas y el medio ambiente, y (b) la actitud de los usuarios respecto a las normas (cuantitativas) y los valores (cualitativos). Derivado de lo anterior los enfoques de la sustentabilidad en el manejo de las aguas urbanas destacados son cuatro:

1. Aproximación a la capacidad de carga: se refiere a un enfoque normativo centrado en la capacidad de carga de los ecosistemas de apoyo o el medio ambiente. Esta perspectiva básica suele asumir dos estados del medio ambiente, a) el estado sustentable y b) el estado de degradación gradual (generalmente irreversible) del medio ambiente;
2. Enfoque racio-céntrico: se refiere a los métodos de evaluación multicriterios. En éste, la eficacia máxima puede describirse como las variables objetivo;
3. Enfoque socio-céntrico: el papel central lo tienen los intereses y opiniones de los residentes de una comunidad (proceso interactivo cualitativo);
4. Enfoque eco-céntrico: se refiere al acercamiento de los ecosistemas a un estado lo más natural posible. Una característica importante es que los objetivos no se alcanzan tratando de cumplir con las normas estrictas, sino creando condiciones positivas para el desarrollo deseado. Esto es típico de un enfoque de "valores".

Asimismo, Rijsberman *et al.* (2000) mencionan que un sistema de evaluación de la gestión del agua generalmente debe incorporar los cuatro enfoques básicos mencionados anteriormente o alcanzar un enfoque híbrido de un caso específico. Para evaluar un sistema de gestión del agua se debe tener en cuenta la historia y el contexto de lo contrario puede tener un valor limitado, la validación sienta sus bases en la importancia de hacer explícitas las consideraciones que conducen a un enfoque de desarrollo sustentable.

El trabajo de Brown y Farrelly (2009), identifica doce barreras que enfrenta la gestión sustentable del agua urbana, también destacan que dichas barreras son más socio-institucionales que técnicas, las cuales se citan a continuación:

1. Marco institucional no coordinado;
2. Compromiso limitado de la comunidad, empoderamiento y participación;
3. Límites del marco regulatorio;
4. Recursos insuficientes (capital y humano);
5. Funciones y responsabilidades poco claras y fragmentadas;
6. Deficiente compromiso organizacional;
7. Falta de información, conocimiento y comprensión en la aplicación de formas integradas y adaptativas de gestión;
8. Mala comunicación;
9. No hay visión y estrategia de largo plazo;
10. Dependencias de caminos tecnocráticos;
11. Poco o ningún monitoreo y evaluación; y
12. Falta de voluntad política y pública.

De acuerdo con Brown y Farrelly (2009) la gran mayoría de las barreras se relacionan con la «capacidad inter-organizacional» y las «reglas e incentivos externos», no es sorprendente que los temas de la inercia institucional y las barreras al cambio se hayan convertido en un concepto cada vez más prominente dentro de la literatura sobre la gestión del agua urbana. Por lo tanto, para estos autores hasta que no haya un programa sofisticado y dedicado de cambio socio-institucional es

poco probable que la práctica generalizada de la gestión sustentable del agua urbana pueda llevarse a cabo.

Las doce barreras reconocidas por Brown y Farrelly (2009) también son altamente interdependientes, por lo tanto, probablemente responderán menos a los programas de cambio mutuamente excluyentes, esta interdependencia es cíclica y su fragmentación se ve reforzada por la falta de una "visión a largo plazo" que refleja la mala voluntad política y genera la falta de acuerdos sobre lo que es valioso, por lo que, debería estar sujeto a monitoreo y evaluación, las tres áreas clave que deben ser parte integral de cualquier programa de cambio de acuerdo con Brown y Farrelly (2009) son:

1. Fomento del capital social para el SUWM con el objetivo específico de mejorar la capacidad técnica y política de las comunidades para participar equitativamente en la toma de decisiones del SUWM;
2. Desarrollo profesional intersectorial, centrándose no sólo en mejorar la competencia técnica y de conocimientos, sino también en mejorar el conocimiento institucional y político de los profesionales para que comprendan ampliamente el entorno operativo y restrictivo;
3. Financiamiento suficiente de los programas de coordinación inter-organizacional con el objetivo explícito de posibilitar el aprendizaje institucional y propiciar nuevos foros que fomenten el diálogo entre sectores, organizaciones y áreas departamentales.

En el trabajo de Pearson *et al.* (2010), los sistemas de agua urbana son de naturaleza compleja y requieren más que sólo criterios sociales y económicos para ser considerados como parte de los marcos de apoyo para la toma de decisiones, también deben presentarse de manera que incorporen la gestión adaptativa y las fortalezas integradas de la gestión del agua urbana a nivel estratégico y operacional que incluyan el aprendizaje social y el compromiso para lograr este fin, para ello, se propone un marco conceptual que apoye la adopción de decisiones sustentables que incorpora el proceso conocido como "aprendizaje social" a través del compromiso efectivo de las partes interesadas, el público objetivo de este marco conceptual son los responsables de la gestión de los recursos hídricos urbanos.

Tradicionalmente, la planificación de los recursos hídricos urbanos está dominada por soluciones técnicas para resolver los problemas de gestión de la oferta (véase Hall 2007, Harremoes 2002). Estos enfoques se ocupan de cuestiones de calidad y suministro de agua (Hellström *et al.*, 2004, Erbe *et al.*, 2002). No se ocuparon de cuestiones relacionadas con la gestión de la demanda y/o el compromiso público (Syme, 1996). Esta situación ha ido cambiando en los últimos años dado que el agua se ha ido convirtiendo en un recurso escaso en muchas regiones del mundo lo que obliga a establecer una gestión sustentable tanto de la oferta como de la demanda (Rauch *et al.*, 2005).

Desde la perspectiva de las ciencias sociales, hay dos desafíos importantes que enfrentan la toma de decisiones sobre el agua urbana sustentable (Pearson *et al.*, 2010):

1. Incorporación de la gestión adaptativa («Adaptative Management», AM por sus siglas en inglés);
2. La gestión integrada del agua urbana (IUWM).

Por lo tanto, AM se está desarrollando como el enfoque estratégico para la gestión del agua urbana, mientras que el IUWM es el enfoque operacional ambos requieren aprendizaje social y compromiso para el éxito (Pearson *et al.*, 2010).

A pesar de que el aprendizaje social y la participación se están volviendo importantes para la gestión del agua, se han identificado una serie de barreras para su incorporación, incluyendo:

1. Los métodos para involucrar a las partes interesadas son en gran medida inadecuados para las comunidades objetivo y los resultados. Se utiliza un estilo descendente de compromiso (Rauch *et al.*, 2005);
2. Las normas y prácticas profesionales de la IUWM se basan en métodos de ingeniería y fundamentos que generalmente no son apropiadas para las actividades de consulta y participación de la comunidad (McManus y Brown, 2002);
3. Las estructuras y normas organizativas constituyen obstáculos para la aplicación de los resultados y la apropiación de los procesos de consulta (véase McManus y Brown, 2002);
4. Las capacidades de las comunidades para participar no son atendidas o entendidas (ver McManus y Brown 2002); y
5. Puede que no sea evidente la voluntad o el deseo de las comunidades de participar.

Para que los sistemas hídricos urbanos alcancen decisiones 'sustentables', son necesarios dos elementos críticos: el aprendizaje social y el compromiso. Se concluye que la sustentabilidad no es un "punto final" sino un proceso en el que los escenarios de un "futuro" se consideran sustentables, y cada decisión contribuye a lograrlo; de esta forma se puede lograr una decisión sustentable cuando se incorpora el aprendizaje social. Operacionalmente el marco de apoyo a la toma de decisión enfatiza tres componentes básicos del aprendizaje social: (1) transferencia de conocimiento para la transformación; (2) seguimiento y evaluación del proceso de toma de decisión; y (3) Participación de las partes interesadas (Pearson *et al.*, 2010).

2.3. La gestión integrada del agua urbana

La Gestión Integrada del Agua Urbana (IUWM «Integrated Urban Water Management» por sus siglas en inglés) se refiere a “la práctica de gestionar el agua dulce, las aguas residuales y las aguas pluviales como enlaces dentro de la estructura de gestión de recursos, utilizando un área urbana como unidad de gestión.” (UNESCO, 2012, p. 375).

Debido a que no existe un modelo único de la Gestión Integrada del Agua Urbana, es importante aclarar que cada contexto exigirá una combinación diferente de enfoques de gestión (Bahri, 2011). Bajo el contexto anterior a continuación se presenta el análisis de las investigaciones de los autores que han abordado el tema en los últimos años.

El trabajo de Mitchell (2006) analiza la experiencia australiana en la aplicación de los modelos de gestión basados en el modelo IUWM en los desarrollos urbanos a través de la revisión de 15 estudios de caso. Los principales hallazgos de su estudio fueron:

1. El ahorro en los costos de infraestructura sólo se realizará si las autoridades de agua reducen el aumento de la infraestructura de tipo centralizado para dar espacio a la implementación de infraestructura de menor carga hídrica lograda mediante la implementación del enfoque basado en los modelos de gestión IUWM (Coombes y Kuczera 2002, citados por Mitchell, 2006).
2. En la actualidad, las autoridades de agua no están suficientemente conscientes de los cambios a largo plazo que se derivan del desempeño del sistema, los costos de operación y mantenimiento (Mitchell, 2006);
3. Es notable la falta de un instrumento o marco de evaluación consensuado por expertos que pudiera utilizarse para evaluar los logros de los sistemas alternos de gestión del agua urbana, en función de criterios ambientales, sociales y económicos, considerados a corto, mediano y largo plazo (Mitchell, 2006);
4. Se necesitan parámetros de evaluación de los riesgos de diseño derivados de la implementación de un sistema basado en los modelos de gestión IUWM, el cual deberá estar vinculado con los programas de monitoreo de los proyectos de demostración, proporcionando la cuantificación del riesgo siempre que esto sea factible (Mitchell, 2006);
5. Tener una visión equilibrada de los riesgos del sistema convencional existente y de los beneficios potenciales de los sistemas alternativos (Mitchell, 2006).

El trabajo de Mitchell, (2006) destaca que lo más importante de la experiencia australiana con la aplicación de los modelos de gestión IUWM es que gracias a los proyectos demostrativos estudiados se tiene hoy en día la posibilidad de implementar con éxito los enfoques de la gestión integrada del agua urbana de una manera que sea técnicamente sólida y aceptable por la sociedad.

Los beneficios totales en el ciclo del agua de algunos proyectos demostrativos fueron modestos. Sin embargo, en algunos casos se lograron significativas reducciones en el impacto sobre el recurso hídrico. En los casos en donde se logró un mayor beneficio se requirió de una fuerte participación de las organizaciones públicas en los procesos de planificación e implementación de cada proyecto, ya sea asumiendo un papel activo, formando parte del desarrollo o como personal de apoyo al mismo. Con estos resultados, no obstante, todavía es necesario impulsar una mayor integración de los componentes de abastecimiento de agua, aguas pluviales y aguas residuales del ciclo urbano del agua. Otros ámbitos en los que se puede mejorar la práctica en la gestión integrada del agua urbana (IUWM) son la difusión de la información a la ciudadanía, el intercambio de conocimientos, la mejora de las aptitudes de un mayor número de funcionarios de organizaciones públicas y privadas y la evaluación del rendimiento de los sistemas y de sus componentes tecnológicos (Mitchell, 2006).

Los argumentos de Mitchel (2006) se vieron reforzados por el trabajo de Novotny (2008), en donde se discute el paradigma emergente de la gestión integrada de las aguas urbanas, el cual coincide con el de otros autores que mencionan que los sistemas de agua potable, agua pluvial y

agua residual forman parte de un sistema integrado. En su investigación Novotny (2008) reconoció que a lo largo de la historia se detectan cuatro paradigmas de la gestión convencional del agua urbana:

1. El suministro de agua al ciudadano a través de pozos de abastecimiento;
2. El drenado de las aguas pluviales;
3. El transporte y tratamiento centralizado de las aguas residuales; y
4. La conducción de las aguas pluviales y residuales a grandes distancias hasta el punto de descarga al cuerpo receptor más cercano, las obras para canalizar los arroyos y ríos y conducirlos por tuberías bajo las ciudades y convertirlos como parte del sistema de alcantarillado, en los cuales por lo general ya van combinadas las aguas residuales de las aguas, la modificación de las corrientes superficiales para convertirlas en canales de inundación, y la excesiva impermeabilidad de las vialidades que impide la recarga de los acuíferos locales.

El nuevo paradigma de gestión de las aguas urbanas sustentables y de sus cuencas hidrográficas debe basarse en la premisa de que las aguas urbanas salvaguardan las ciudades. Este nuevo paradigma constituye el centro del movimiento denominado “ciudades verdes” las cuales son más sustentables, por esto se consideraron las siguientes medidas para evaluar el desempeño de un modelo de gestión del agua urbana que de acuerdo con Novotny y Brown, (2007) deberá considerar:

1. Evaluar el nivel de integración del sistema de suministro de agua potable, del sistema de gestión de las aguas pluviales y el de evacuación de las aguas residuales. Estos sistemas deben ser separados e interdependientes a fin de actuar como un único sistema con un principio de balance hidrológico de circuito cerrado (Novotny, 2007; Heaney, 2007);
2. Considerar diseños que reduzcan los riesgos y catástrofes por los efectos de eventos extremos que sean adaptables a los futuros incrementos de la temperatura, los cambios asociados con el clima y del nivel del mar (IPCC, 2002);
3. Descentralizar la gestión de las aguas pluviales y el tratamiento de las aguas residuales para minimizar o eliminar las transferencias de larga distancia y permitir la recuperación del agua y la energía cerca del punto de uso (Novotny, 2008).
4. Incorporar la certificación LEED (USGBC, 2005; 2007) en las edificaciones a fin de reducir el uso del agua y mejorar su conservación, mejorar el manejo del escurrimiento del agua de tormenta con las mejores prácticas de manejo (BPM) en donde se incluyan techos verdes, jardines para captación del agua pluvial y las zanjas de infiltración;
5. Recuperar el calor, la energía, biogás y nutrientes fertilizantes (fósforo y nitrógeno) de las aguas residuales en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales (Engle, 2007; Barnard, 2007);
6. Implementar nueva infraestructura innovadora e integrada para la recuperación y reutilización de las aguas residuales tratadas y de las aguas pluviales urbanas para diversos propósitos, incluyendo el riego de áreas verdes y recarga de acuíferos (Hill, 2007; Ahern 2007; Novotny, 2007). Con estas medidas se controlan y eliminan los contaminantes emergentes altamente nocivos a la salud humana y de los ecosistemas tales como los

disruptores endocrinos, precursores de trihalometanos (THM) y residuales de los productos farmacéuticos (hormonas, antibióticos, antidepresivos, analgésicos), entre otros;

7. Reducir y eliminar las transferencias a larga distancia (trasvase de cuencas) de agua potable, aguas pluviales o de las aguas residuales (Heaney, 2007; Lucey y Barraclough, 2007);
8. Mejorar las condiciones ambientales de los arroyos y ríos y naturalizar los que tienen el cauce modificado (Novotny, 2007); particularmente de aquellos que constituyen una fuente para el suministro de agua potable (Lucey y Barraclough, 2007);
9. Implementar obras de captación del drenaje superficial de las aguas pluviales integrándolas al paisaje generando con ello infraestructura ecológica y verde, con la intención de que la infraestructura creada combinando el drenaje estructural y natural los cuales son mucho más resistentes a los eventos meteorológicos extremos que la infraestructura subterránea actual.
10. Considerar límites en las descargas de la contaminación hacia un cuerpo receptor de aguas residuales (Rees, 1992, 2007; Novotny, 2007);
11. Desarrollar e implementar nuevos diseños urbanos a través de infraestructura de drenaje resiliente y adaptación de los sistemas subterráneos existentes a fin de que éstos sean interconectados paulatinamente con las corrientes de agua superficiales existentes (Novotny, 2007);
12. Recuperar y restaurar las llanuras aluviales como ecotonos con estanques y humedales que amortigüen las cargas difusas (no puntuales) de contaminación de los hábitats humanos circundantes que incorporen mejores prácticas de manejo para mitigar la contaminación (Novotny, 2007);
13. Desarrollar infraestructuras y paisajes para la conducción del drenaje superficial y subterráneo a fin de:
 - a) Almacenar y transportar agua para su reutilización;
 - b) Tratar y recuperar caudales contaminados; e
 - c) Integrar el ciclo hidrológico urbano con múltiples usos y funciones urbanas para hacerlo sustentable.

En el análisis de Novotny (2008) se menciona que la sustentabilidad de los desarrollos urbanos debería ser evaluada en función de los criterios ambiental, económico y social. Asimismo, menciona que es indispensable desarrollar e implementar el nuevo (quinto) paradigma de la urbanización en general en donde se debe incorporar desde el origen de los proyectos la gestión sustentable del agua, el autor menciona que la gestión sustentable de las cuencas hidrográficas urbanas puede evolucionar a partir de los siguientes principios:

1. Las ciudades practicarán la conservación y la reutilización del agua, los flujos de agua de lluvia y residuales se contabilizarán como recursos con valor económico en lugar de desperdicios;
2. Los pequeños arroyos urbanos de primer y segundo orden que no hayan sido enterrados en el sistema de los alcantarillados subterráneos deben ser rehabilitados y los que fueron enterrados deben ser restaurados tanto como sea posible;

3. La recarga de las aguas subterráneas formará parte del paisaje de funcionamiento hidrológico y ecológico que consiste en ecotonos verdes interconectados que forman la transición entre el hábitat humano y los sistemas acuáticos;
4. La base para el desarrollo de los sistemas urbanos sustentables es el marco de evaluación de la sustentabilidad que surge de la contabilidad de la triple línea de base o “The Triple Bottom Line (TBL)” (economía, medio ambiente y sociedad). Aun es necesario continuar trabajando en el desarrollo de métodos para evaluar la sustentabilidad social.

2.4. La gestión sustentable de las aguas urbanas para las ciudades del futuro

El enfoque SWITCH («Sustainable Water Management in the City of the Future») es uno de los más recientemente desarrollados en la gestión sustentable del agua urbana. Este enfoque incluye el concepto de “Alianzas de Aprendizaje”, para guiar y apoyar la implementación de actividades de investigación y demostración en las ciudades. Estas plataformas fueron diseñadas para tener en cuenta los problemas y necesidades locales, llevando a la integración efectiva de las actividades a nivel de la ciudad y a la ampliación de la implementación de los hallazgos dentro de las ciudades. Una actividad clave de la “Alianza de Aprendizaje” fue monitorear y evaluar el proceso de cambio como estaba sucediendo en ciudades individuales. La documentación del proceso permitió a los interesados reflexionar, analizar y difundir por qué ocurrieron los cambios (Howe *et al.*, 2012).

Algunas lecciones de la alianza de aprendizaje y los procesos de planificación estratégica en SWITCH, con base en Howe *et al.*, (2012), se mencionan a continuación:

1. El gran número de organizaciones que participan en el manejo del agua urbana, lo que genera ambigüedad en las responsabilidades, adicionalmente se complica por la falta de incentivos para que determinadas áreas o instituciones trabajen juntas;
2. Falta de experiencia en la gestión integrada del agua urbana por parte de las organizaciones de planificación (tanto a nivel municipal como nacional), lo que limita su capacidad para comprometerse con las áreas técnicas y apoyarles con liderazgo o coordinación;
3. Dificultad para acordar indicadores para la gestión integrada del agua urbana para medir el desempeño particular de las diversas áreas técnicas;
4. El enfoque a corto y mediano plazo de las organizaciones de gestión del agua, de acuerdo con los ciclos políticos y de financiación y las prioridades, lo que les dificultaba planificar un horizonte de 30 a 50 años;
5. La mayor parte de la experiencia en algunas organizaciones radica en el diseño y construcción usando tecnologías convencionales, en lugar de integrar disciplinas más holísticas de manejo y planificación del agua y en tecnologías desconocidas tales como drenaje urbano sustentable, sistemas de tratamiento natural y gestión de la demanda;
6. Dificultad para conseguir participación en el proceso - estas cuestiones fueron generalmente representadas por organizaciones de planificación.

2.5. Casos de éxito en la gestión sustentable de las aguas urbanas

2.5.1. El caso de Malmö, Suecia

La filosofía de la solución en Malmö en un principio se centró en opciones de control de fuentes y soluciones locales a pequeña escala dentro del área de la ciudad, primero se adoptaron medidas significativas para cerrar los flujos de materiales en el ciclo del agua, se crearon ecosistemas acuáticos dentro de los límites de la ciudad para reducir los volúmenes de aguas pluviales (figura 2), también se incluyó en la planificación urbana la atenuación de aguas pluviales por infiltración y tratamiento en humedales, esto aumentó los valores estéticos de la tierra, así como el valor económico de las zonas residenciales alrededor de las instalaciones de gestión de agua (Gatukonturet Malmö VA-verket Malmö & Stahre, 1997, Niemczynowicz, 1997).



Figura 2. Gestión de aguas pluviales en Malmö, Suecia.

Fuente: Eco-Communities, Eco-Districts (2001).

La gestión del agua pluvial que se inició en Malmö después se sustituyó por un enfoque integrado en el que la naturaleza y los valores estéticos del agua se combinan con efectos hidrológicos positivos como atenuación y tratamiento de las aguas pluviales. La nueva idea es que el proceso debe comenzar ya en un nivel de una sola casa, un estacionamiento, una calle o parte del sistema de grandes autopistas. Se considera más eficaz actuar sobre las aguas pluviales, es decir, pequeñas unidades de superficies impermeables en las que se genera por primera vez la escorrentía urbana y donde se puede evitar el mezclado de las aguas pluviales con los contaminantes que se encuentran en las calles, tejados, etc. (Gatukonturet Malmö VA-verket Malmö & Stahre, 1997, citado por Niemczynowicz, 1997).

2.5.2. El Caso De Valdespartera, Zaragoza

Esta Ecociudad ubicada en Zaragoza, es una de las más reconocidas dentro y fuera de España, por su sobresaliente desempeño en la eficiencia hídrica, esto se logró por la optimización y dotación de infraestructura en los hogares como perlizadores (aireadores) de agua en los grifos, así como, el pulso de media descarga o interrumpible en los sanitarios, el agua de lluvia no se vierte a la red de saneamiento, es almacenada en el aljibe o se destina para riego de jardines en el terreno y en el contexto urbano redujeron las zonas impermeables por áreas verdes con especies endémicas de bajo consumo de agua (González, 2010).

En lo relativo a las redes hidráulicas, para el saneamiento y el abastecimiento, el Plan Parcial establece su duplicidad, en las primeras: se proyectó una red separada de alcantarillado pluviales y fecales, para las segundas: agua potable y riego, se proyectaron dos redes, una para agua potable que puede servir 306 litros diarios a 34,000 habitantes y la segunda red se destinó para riego que puede servir 5.800 m³/día (González, 2010).

2.5.3. Casos de éxito en la aplicación del enfoque SWITCH

Uno de los principales resultados del proyecto SWITCH fue el desarrollo de las alianzas de aprendizaje. Se preveía que la aplicación de este enfoque lograría un "cambio" hacia la sustentabilidad en las prácticas de gestión de las aguas urbanas (Howe, et al, 2012). El resumen de los procesos del enfoque de SWITCH a nivel ciudad en varios países a continuación se mencionan algunos de los más representativos:

Beijing (China)

El proyecto se centró en los medios para que los agricultores periurbanos puedan hacer frente a las presiones que les impone la ciudad en respuesta a la creciente escasez de agua. Para la alianza de aprendizaje reunieron a institutos de investigación, funcionarios gubernamentales y cooperativas agrícolas. Un proyecto piloto demostró cómo la recolección innovadora de agua de lluvia de los invernaderos puede proporcionar una fuente útil de agua para los agricultores urbanos y apoyar un cambio hacia cultivos de mayor valor. La innovación de recolección de agua de lluvia está siendo patentada y desplegada ampliamente en toda China (Howe, et al, 2012).

Belo Horizonte (Brasil)

SWITCH se centró en el desarrollo y la adopción de enfoques más naturales y ecológicamente comprensivos del drenaje urbano para minimizar los riesgos de inundación, al tiempo que mejora los hábitats de los corredores fluviales. Una asociación entre el municipio y la universidad fue el centro del proyecto. Alianzas de aprendizaje a nivel local involucraron a escuelas y comunidades en varios proyectos de demostración, así como instituciones como otros departamentos municipales, la utilidad y los comités de cuenca y metropolitana a escala de la ciudad y más allá. Los resultados incluyeron el compromiso de la Fundación de Parques Municipales de aumentar la recolección de agua de lluvia y el inicio de comités de presupuesto participativo para la implementación de soluciones alternativas sustentables (Howe, et al, 2012).

Birmingham (Reino Unido)

Las actividades se concentraron en riesgos futuros, como el cambio climático, pero también en las implicaciones del aumento de los niveles de agua subterránea a medida que disminuye el consumo industrial. Algunos de los socios de la alianza de aprendizaje fueron el ayuntamiento, la compañía de agua, la Agencia de Medio Ambiente, la autoridad reguladora, los organismos de consumo y una asociación profesional. Algunos resultados específicos del compromiso con las agencias de desarrollo estaban influyendo en los planes para la reurbanización de un sitio importante dentro de la ciudad a través del uso extensivo de techos verdes y marrones (Howe, et al, 2012).

Bogotá (Colombia)

La contaminación de pequeños curtidores no oficiales en el Río Bogotá resultó en un enfoque en la producción más limpia. Los actores clave involucrados a lo largo del proyecto fueron una asociación de curtidores, el regulador ambiental, el gobierno local, una ONG, una universidad y la Cámara de Comercio. El proyecto tuvo varios resultados positivos (Howe, et al, 2012).

Las pequeñas empresas no oficiales, que producen casi la mitad de la contaminación, han implementado principios de producción más limpia, eliminando el 90% de su contribución a la contaminación a través de mejores procesos de tratamiento y reciclaje. Estas mejoras también condujeron a ganancias de productividad adicionales para estas empresas. El proyecto demostró la viabilidad de alternativas a un enfoque exclusivamente correccional y legalista basado en la imposición de multas a los contaminadores (que estaba fallando con el sector informal), ofreciendo opciones como la resolución de conflictos, la creación de capacidad y el diálogo; el regulador ahora está persiguiendo y apoyando tales acercamientos. La investigación apoyó la acción local, y ahora el enfoque se está expandiendo a través de una zona de captación más amplia como parte de un proyecto de seguimiento (Howe, et al, 2012).

Lodz (Polonia)

La atención se centró en restaurar ríos que se han contaminado, degradado e incluso enterrado a medida que la ciudad se desarrollaba. Los actores clave fueron el gobierno local, los servicios públicos, la universidad y un instituto de investigación especializado. Un proyecto de demostración exitoso ha revitalizado parcialmente un corredor fluvial, proporcionando un entorno más atractivo para los residentes y el desarrollo futuro. A través de la alianza de aprendizaje, las actividades están firmemente incrustadas en las instituciones de la ciudad que serán responsables de continuar y ampliar la restauración de los ríos en toda la ciudad. La idea de vincular los corredores de los ríos restaurados y otros espacios verdes abiertos en una "red azul-verde" se reconoce ahora como parte de la estrategia de planificación de la ciudad (Howe, et al, 2012).

Zaragoza (España)

El proyecto se centró en demostrar la zonificación como un medio para gestionar las demandas de agua en una ciudad que se enorgullece de minimizar su consumo de agua. La zonificación se ha ampliado o se está estudiando en casi la mitad del área urbana, y se incluye en proyectos de estatutos municipales. El proyecto utilizó las plataformas existentes de las partes interesadas para comunicar estas actividades, especialmente la Comisión Municipal del Agua. La Expo Zaragoza en 2008 se centró en la gestión sustentable del agua y fue un importante lugar para mostrar las actividades de SWITCH (Howe, et al, 2012).

3. LA GESTIÓN DEL AGUA URBANA EN MÉXICO

En México el cambio en los materiales para la conducción del agua potable se realizó hasta la segunda mitad del siglo XIX. Así, las diferencias entre el sistema antiguo y el moderno en el ámbito del agua potable y el saneamiento se hicieron notables. Se propuso y modernizó el sistema de agua potable para elevar el consumo per cápita de 5-10 litros a 250-300 litros diarios por habitante con el uso de la red a partir de tuberías interconectadas, con estas medidas se hizo posible la generalización del servicio con calidad controlable y la especialización del suministro (Matés Barco 1999, citado por CONAGUA, 2009).

En el diagnóstico de la gestión del agua urbana en México, Barkin (2011) menciona que tras la reforma constitucional de 1983 en la que se estableció la obligación municipal de tomar la responsabilidad para la gestión del agua potable y del tratamiento de las aguas residuales (Olivares y Sandoval, 2009, citado por Barkin 2011), la mayor parte de los organismos operadores que se establecieron fueron pequeñas agencias improvisadas, compuestas por personal con poca experiencia administrativa y capacidad técnica. Sus directores distribuyeron favores políticos aprovechando su nombramiento para dar concesiones que les permitiera escalar en la jerarquía política.

Barkin (2011) señala que los gobiernos locales enfrentan un reto casi insuperable para cambiar el enfoque dominante de gestión del agua en el que se presupone la necesidad de satisfacer la demanda a través de obras públicas con las que se aumente la oferta para dar soluciones de balance hidráulico. Estas obras reflejan una visión de explotación del agua en el que los acuíferos y ecosistemas siguen degradándose a pesar de la larga historia de reformas institucionales (tabla 1) en las que se ignoraron los impactos sociales y ambientales.

Tabla 1

Legislación hídrica en México

1536	Ordenanza del virrey Antonio de Mendoza sobre medidas de tierras y aguas.
1754	Real cédula en que S.M. da instrucciones del modo en que se han de dirigir las mercedes, y ventas de sitios realengos y baldíos a cargo de los Exmos. Sres. Virreyes y presidentes de las Reales Audiencias.
1783	Reglamento General de las Medidas de las Aguas, publicado en el año de 1761.
1803	Cédula de 18 de noviembre de 1803.- Se declara que el vecindario de las ciudades es el único dueño de todas las aguas que se conducen por las cañerías públicas, y que siempre que las necesite para su surtimiento, deben quedar privados de ellas los particulares.
1820	Real orden concediendo nuevas gracias y declarando vigentes las antiguas a los labradores.
5 de mayo de 1836	Bando de policía para evitar por medio de llaves económicas en las fuentes, el desperdicio de agua potable.
22 de abril de 1853	Bases para la administración de la República.
7 de julio de 1853	Ley sobre la expropiación por causa de utilidad pública.
12 de septiembre de 1857	Ley de Clasificación de Rentas.
2 de agosto de 1863	Ley implantando el sistema métrico decimal para las medidas de tierras y aguas.
5 de enero de 1869	Circular relativa a información sobre ríos e islas de la República Mexicana.
14 de agosto de 1886	Circular sobre denuncias de caídas de agua.

Continúa la tabla 1

6 de junio de 1894	Decreto del Congreso que autoriza al Ejecutivo para que haga concesiones para aprovechar las aguas de jurisdicción federal en riegos y en la industria.
3 de junio de 1895	Ley que autoriza al Ejecutivo para reformar contratos sobre ferrocarriles, obras en los puertos y canalización de ríos.
17 de diciembre de 1896	Decreto del Congreso que revalida las concesiones hechas por los estados para utilizar aguas federales.
13 de diciembre de 1910	Ley sobre Aprovechamientos de Aguas de jurisdicción federal.
8 de febrero de 1911	Reglamento de la Ley de Aguas de jurisdicción federal del 13 de diciembre de 1910.
20 de abril de 1920	Acuerdo relativo a disposiciones reglamentarias sobre aguas de propiedad de la nación.
26 de noviembre de 1925	Decreto reformando y adicionando al reglamento de la Ley de Aguas vigente, en lo relativo a la forma en que se comprobarán los derechos para el aprovechamiento de aguas de jurisdicción federal.
27 de enero de 1926	Ley sobre Irrigación con Aguas Federales y creación de la Comisión Nacional de Irrigación
26 de mayo de 1926	Reglamento del decreto de 29 de octubre de 1925 que reforma el Reglamento de la Ley de Aguas de 13 de diciembre de 1910.
1° de junio de 1926	Decreto adicionando el Reglamento de la Ley de Aguas de 31 de enero de 1911, en lo relativo a la construcción de obras de irrigación.
26 de noviembre de 1927	Decreto que reforma el Reglamento de la Ley de Aguas vigente en lo relativo a las concesiones otorgadas a los gobiernos de los estados, distritos y territorios federales y a los municipios de la República.
28 de febrero de 1928	Decreto que reforma la fracción VI del artículo 19 de la Ley sobre Aprovechamiento de Aguas de jurisdicción federal del 14 de diciembre de 1910.
7 de agosto de 1929	Ley de Aguas de Propiedad Federal.
31 de agosto de 1934	Ley de Aguas de Propiedad Nacional.
31 de diciembre de 1946	Ley de Riego.
Principios de 1947	Creación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.
28 de noviembre de 1950	Acta Constitutiva de la Comisión Lerma-Chapala-Santiago.
29 de diciembre de 1956	Reglamento de la Ley en Materia de Aguas del Subsuelo.
11 de enero de 1972	Ley Federal de Aguas.
26 de marzo de 1976	Decreto por el que se crea la Comisión del Plan Nacional Hidráulico.
Diciembre de 1976	Creación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
29 de octubre de 1980	Acuerdo por el que la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, con la intervención de Hacienda y Crédito Público, de Programación y Presupuesto y de Comercio, procederá a entregar a los Gobiernos de los Estados y a los Ayuntamientos todos los sistemas de agua potable y alcantarillado que administra y opera directamente o a través de los organismos creados para ese efecto.
30 de diciembre de 1980	Ley de Ingresos de la Federación para el ejercicio fiscal de 1981 (ingresos provenientes de conceptos como: Cooperación de los Gobiernos de Estados y Municipios y de particulares para obras de irrigación, agua potable, alcantarillado, electrificación, etc.).
31 de diciembre de 1981	Ley Federal de Derechos (inversión privada en la operación y construcción de infraestructura hidráulica, obligación de todos los usuarios al pago de derechos por uso de aguas nacionales, incluyendo derechos de descargas de aguas residuales para evitar la contaminación de ríos y mantos acuíferos).

Continúa la tabla 1

3 de febrero de 1983	Decreto por el que se reforma y adiciona el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Se transfieren las responsabilidades de agua potable y alcantarillado a los municipios.
16 de enero de 1989	Decreto por el que se crea la Comisión Nacional del Agua como órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
1° de diciembre de 1992	Ley de Aguas Nacionales.
12 de enero de 1994	Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.
10 de diciembre de 1997	Decreto que reforma el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.
4 de febrero de 2002	Decreto por el que se otorga facilidades administrativas para la regularización de usuarios de aguas nacionales que realicen actividades de carácter agrícola.
29 de agosto de 2002	Decreto por el que se reforma el artículo 13 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.
29 de abril de 2004	Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales.

Fuente: CONAGUA, 2009.

Los gobiernos locales confrontan otro reto para asegurar los servicios de agua potable y tratamiento de aguas residuales de una manera eficiente, por ende, no están en posibilidades de cumplir con las normas hidráulicas, sanitarias, económicas y sociales establecidas para un servicio adecuado por la carencia de recursos financieros para modernizar su infraestructura, actualizar los conocimientos del personal, las estructuras administrativas y sus sistemas técnicos que sean económicamente viables que a su vez sean responsables social y ecológicamente (Barkin, 2011).

La gestión urbana del agua en México ha tenido que evolucionar paulatinamente debido a que el modelo tradicional de gestión ha traído como consecuencia degradación ambiental de los ecosistemas, diferencias sociales importantes y ha incrementado la pobreza en amplios sectores de la población (Castro, 2004).

Parte de la evolución de la gestión del agua en México se dio a partir de abril del 2004 con la modificación de la Ley de Aguas Nacionales, con ello, se inició un proceso de descentralización con la creación de Consejos de Cuenca locales, ésta es una de las estructuras más innovadoras que condujo a cambios significativos en el control de los usuarios del agua por la CONAGUA (Barkin, 2005).

Con la finalidad de aplicar las políticas de manejo del agua con un enfoque de desarrollo regional (Gobierno de Jalisco, 2012), se definió que la cuenca en conjunto con los acuíferos constituye la unidad de gestión básica de las aguas nacionales (Monterrosa, 2015). Para ello, las cuencas del país se organizan en regiones hidrológicas (RH) y 13 regiones hidrológico-administrativas, su delimitación se hizo con base en la división natural del parteaguas por la conformación del relieve, cuyas disponibilidades se encuentran publicadas en el Diario Oficial de la Federación (CONAGUA, 2015).

El resultado del modelo convencional de la gestión del agua urbana modifica el balance hídrico (Campos Aranda, 2010) por el incremento de la demanda y la necesidad de extraer grandes volúmenes de agua que provoca la sobreexplotación de las fuentes subterráneas y el abatimiento de los niveles freáticos, dicha situación obliga a evaluar la disponibilidad natural y enfrentar la amenaza por el estrés hídrico severo que se incrementa por la pérdida en la calidad del agua de los

ríos y acuíferos (CONAGUA, 2016). El factor poblacional y productivo que ejerce una fuerte presión sobre los recursos hídricos, que lo lleva a una crisis por agotamiento, contaminación y pérdida de disponibilidad (López y Ochoa, 2012).

La atención a la problemática requiere de la puesta en marcha de estrategias, acciones y proyectos que permitan alcanzar un desarrollo hídrico sustentable, estrechamente vinculado con el medio ambiente, así como con todas las actividades productivas y socioeconómicas. Para lograr lo anterior, se requiere el compromiso y coordinación de la Administración Pública Federal con los tres órdenes de Gobierno y la sociedad organizada para articular una transversalidad institucional y efectiva que sume voluntades, esfuerzos y recursos (CONAGUA, 2015).

Los obstáculos que enfrenta el país para establecer una nueva cultura del agua es la renuencia de las autoridades para alentar o incluso permitir la participación social en la discusión de la gestión y vigilancia de los servicios públicos, de igual manera existe la carencia de un movimiento social coordinado que promueva una nueva cultura del agua (Barkin, 2011).

3.1. Crecimiento de la población en México y presión hídrica

A partir de mediados del siglo XX, la población en México muestra una marcada tendencia a abandonar las pequeñas localidades rurales y concentrarse en las zonas urbanas que pasaron de ser mayoritariamente rural a predominantemente urbana. La población rural pasó del 57.3% en 1950 a un 23.0% en 2015 (figura 3), ese año, se contabilizaron 35 núcleos de población con más de 500 mil habitantes, de los cuales 32 son zonas metropolitanas (ZM) en éstas habita el 52.5% de la población del país (CONAGUA, 2016).

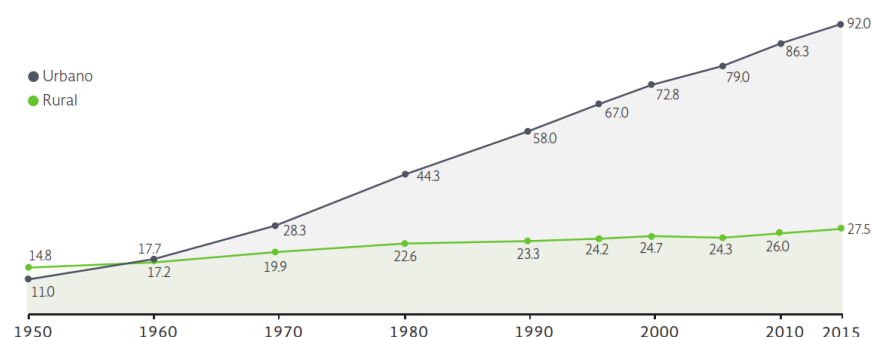


Figura 3. Evolución de la población rural y urbana de México (millones de habitantes).

Fuente: CONAGUA (2016).

La tendencia del crecimiento poblacional agrava la problemática del agua en las grandes áreas urbanizadas de México que se acrecienta por la concentración de la población (INEGI, 2015), que ha acelerado el crecimiento de las localidades urbanas, lo que implica fuertes presiones sobre el ambiente por el incremento de la demanda de servicios. En 2015, en las cinco zonas metropolitanas más pobladas del país vivían alrededor de 35.8 millones de personas (CONAGUA, 2016). De las 13 regiones hidrológico-administrativas, las del norte, centro y noroeste, cuentan con una tercera parte del agua renovable en el país en las que viven cuatro quintas partes de la población (figura 4).



Figura 4. Regiones hidrológico-administrativas de México.

Fuente: CONAGUA (2016).

Lo anterior, tiene implicaciones para la gestión del agua en México (CONAGUA, 2016), la prospectiva poblacional en el país, como se muestra en la figura 5, se estima que, para el 2030 el 81% de la población del país se asentará en localidades urbanas y el 70% del crecimiento poblacional será en las regiones donde existe alta demanda y presión sobre los acuíferos como la región VIII Lerma-Santiago-Pacífico (región donde se ubica la ZMG) (Consejo Consuntivo del Agua, A.C., 2011).

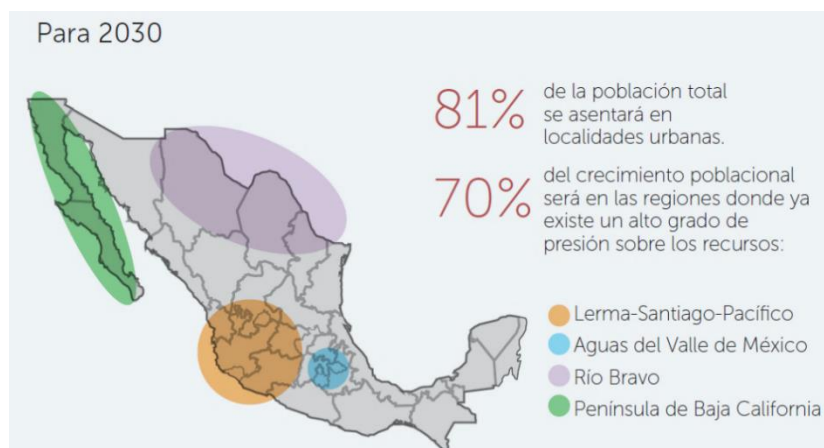


Figura 5. Prospectiva de la concentración de la población de México.

Fuente: Consejo Consuntivo del Agua, A.C. (2011).

3.2. La gestión del agua urbana en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG)

El 14 de febrero de 1542, 63 familias se establecieron en el Valle de Atemajac, fue así como fundaron la ciudad de Guadalajara de Indias. El motivo que dio origen a la ciudad fue el agua, porque, en el sitio había manantiales y un río al que bautizaron como San Juan de Dios, que corre de sur a norte. En un principio este cuerpo de agua se utilizó para cubrir las necesidades de abastecimiento de la ciudad, sin embargo, conforme la ciudad fue creciendo se convirtió paulatinamente en un canal de desagüe donde se descargan aguas residuales. El río San Juan de Dios tiene un tributario importante que es el río Atemajac el cual confluye con el primero en su desembocadura y ambos llegan hasta la Barranca de Oblatos para confluir finalmente en el río Grande de Santiago o río Santiago como se le conoce comúnmente (Martínez, 1977).

En el año 1902, el gobernador del estado el Gral., Luis C. Curiel contrató un crédito en Estados Unidos para el proyecto y construcción de un sistema de drenaje exclusivo de aguas negras para cubrir 532 de las 800 has que abarcaba la superficie urbana en esa época, un poco más tarde en el año 1922, el presidente municipal de Guadalajara, el Lic. José Guadalupe Zuno – más tarde gobernador del estado – continuó con las obras de canalización del Río San Juan de Dios – la obra concluyó en 1927 – (Martínez, 1977).

En la historia de la ZMG, el acceso a sus fuentes de agua ha configurado en dos grandes periodos de sus espacios vitales. El primer periodo incluye la abundancia de aguas superficiales y subterráneas de los valles de Atemajac, Toluquilla y Tesistán – donde se funda y desarrolla Guadalajara –, en el que el abastecimiento de agua tuvo características de autonomía, cumpliendo criterios de manejo territorial independiente. El segundo periodo está marcado por el rápido crecimiento demográfico y urbano y por el agotamiento de los recursos hídricos, debido a que se rompió el equilibrio hidrológico de las cuencas y se agotaron las fuentes de agua disponibles, debido a ello, hoy en día la ZMG presenta grandes problemas en relación con el agua, para su abasto y su desalojo, sea residual o procedente de las tormentas (Campos Aranda, 2010; López y Ochoa, 2012).

En la actualidad la gestión del agua se rige por el Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del Estado de Jalisco que tiene como guía principal el Programa Nacional Hídrico 2014-2018 (PNH, 2014-2018) (CONAGUA, 2015); para efectos de planeación, se hizo la delimitación política e hidrológica del estado de Jalisco, como resultado de ello se determinaron siete subregiones de planeación en la que se distribuyeron sus 125 municipios. La ZMG pertenece a la subregión 3 (1404) El Alto Santiago (figura 6) (Gobierno de Jalisco, 2012).



Figura 6. Ubicación de la subregión de planeación 3 Alto Santiago.

Fuente: Gobierno de Jalisco (2012).

3.3. Urbanización y su impacto en el acuífero de Atemajac

A lo largo de tres periodos se dio la urbanización moderna de Guadalajara: “urbanización lenta”, de 1900 a 1940; “urbanización rápida” de 1941 a 1970; y “urbanización metropolitana”, de 1971 a la fecha (figura 7) (IMEPLAN, 2015).

existente y subdividir el área vendible), la expansión de la ciudad se hizo con carencias en infraestructura y servicios públicos, así como deficiencia en espacios verdes y equipamiento” (IMEPLAN, 2015).

La urbanización metropolitana se dio en tal magnitud, que “en 1978, fue declarada oficialmente la ZMG a través del Decreto 9781 del Congreso del Estado del 23 de agosto, para el tercer periodo de urbanización (1970-2010) el poder de atracción generada por la suficiente actividad económica que pudo integrar social y económicamente sus áreas circundantes” (IMEPLAN, 2015).

Actualmente la ZMG sigue sumando territorio más allá de los primeros municipios implicados en el proceso de conurbación. “De esta forma la ZMG en un período de 25 años (1990-2015), la huella de la ciudad aumentó 1.9 veces su tamaño, con una tasa promedio anual de crecimiento de 2.7% a tal grado que ha alcanzado a los municipios de El Salto, Ixtlahuacán de los Membrillos y Juanacatlán que presentaron tasas de crecimiento del 5% anual, esto incrementó la superficie de huella de la ciudad (figura 8 y tabla 2)” (IMEPLAN, 2015).

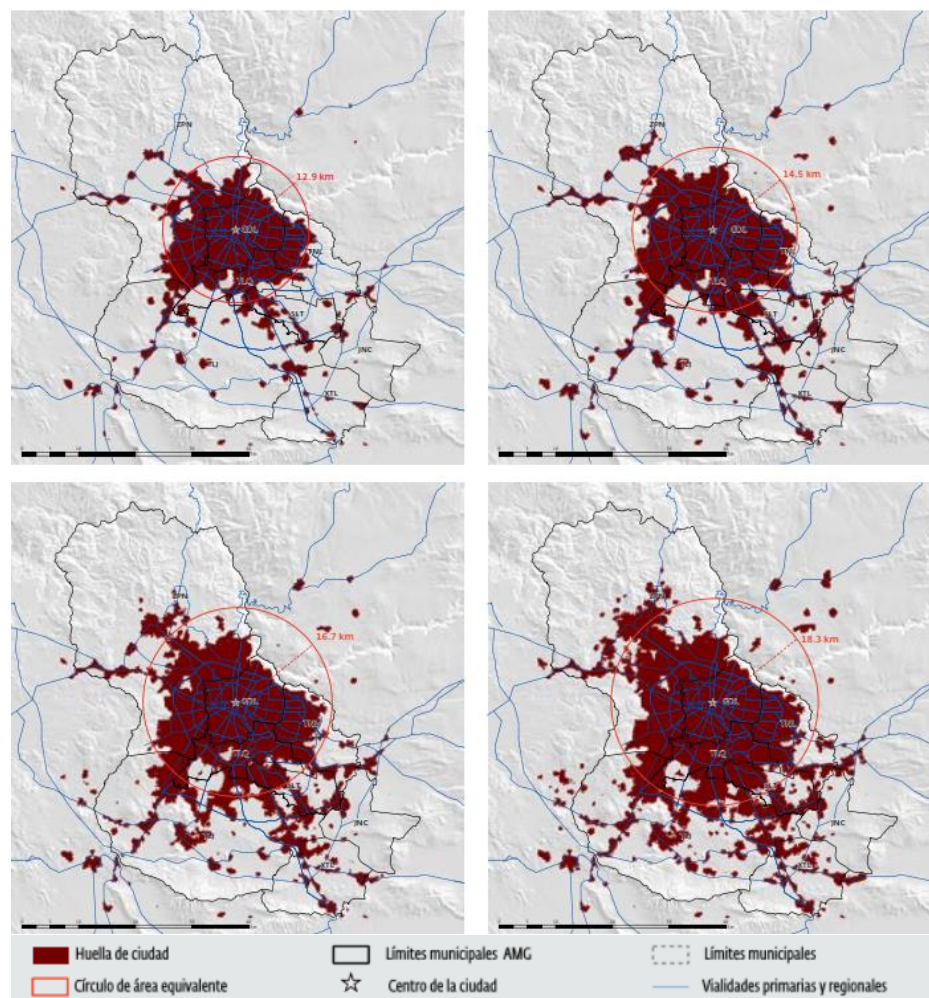


Figura 8. Huella de la ZMG 1990-2015.

Fuente: IMEPLAN (2015).

Tabla 2

Superficie en Ha de la ZMG 1990-2015

Municipio	Huella de la ciudad			
	1990	1999	2010	2015
ZMG	52,439	66,752	83,178	98,450
Guadalajara	14,189	14,240	14,297	14,303
Zapopan	15,875	20,349	24,417	30,361
San Pedro Tlaquepaque	7,036	8,533	9,558	10,563
Tonalá	5,042	7,036	8,865	10,039
Tlajomulco de Zúñiga	6,283	9,856	17,136	22,143
El Salto	2,727	4,218	5,226	6,127
Ixtlahuacán de los Membrillos	1,026	2,067	3,102	3,935
Juanacatlán	260	454	577	979

Fuente: IMEPLAN (2015).

El crecimiento demográfico y urbano son dos factores que determinan las necesidades de abastecimiento de agua en la ZMG, esto propicia el agotamiento de los recursos hídricos, debido a que se rompió el equilibrio hidrológico y se agotaron las fuentes de agua disponibles (López y Ochoa, 2012), actualmente la ZMG presenta grandes problemas en relación con el agua para su abasto (Campos Aranda, 2010).

El proceso de urbanización ha ganado territorio a las áreas de recarga, es decir, en retrospectiva, la expansión de la ciudad en el año 1998 tuvo una superficie aproximada de 282.95 km², en el año 2011 la mancha urbana creció con la urbanización de 450 km² de los 736.45 km² de la cuenca, es decir, el 60% del acuífero Atemajac-Tesistán que incluye la zona no urbanizada más los parques públicos y los espacios baldíos, que va de 45 a 80 km² en el interior de la ciudad (COMDA, 2011), la superficie del área urbana que se calculó aproximadamente en el año 2015 fue de 487.3194 km² (66%) (figura 9).

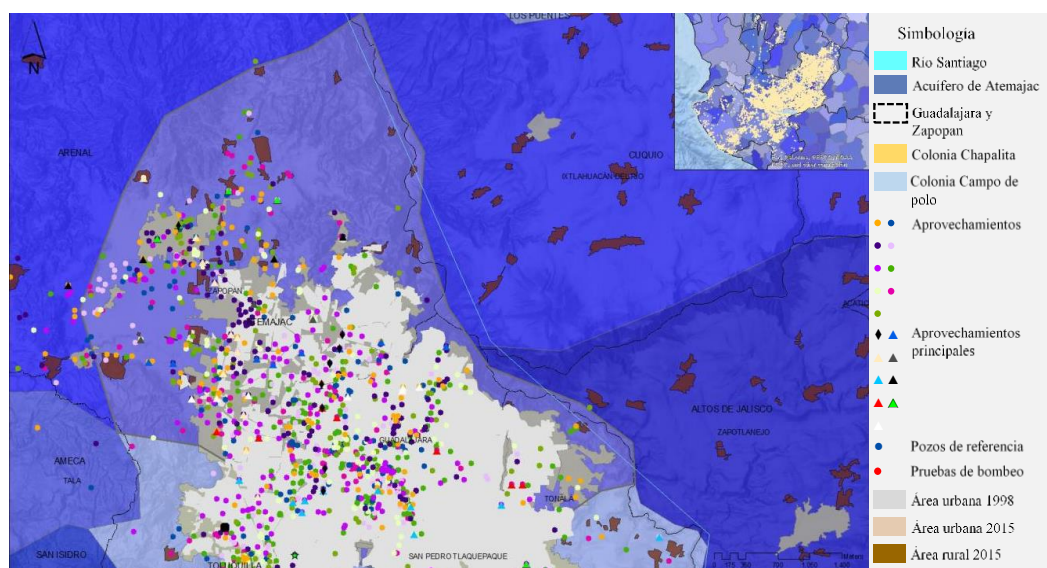


Figura 9. Urbanización en el acuífero de Atemajac.

Fuente: Elaboración propia con datos de la disponibilidad de agua subterránea CONAGUA (2015), sources Esri, digitalización del censo de pozos profundos de estudio Geoex-SIAPA (2003), datos vectoriales de la CONABIO e INEGI (1998-2017).

La descarga del acuífero se realiza en dos formas principales: artificialmente por medio de pozos y norias, y naturalmente por medio de manantiales o subterráneamente hacia otras zonas. Otra parte de la descarga puede ocurrir por medio de los ríos principales que funcionan como drenes superficiales y subterráneos de la zona, pero, la descarga mayor ocurre a través del bombeo por un sinnúmero de pozos profundos, se tienen salidas horizontales de agua hacia otras cuencas. La explotación intensiva del acuífero de Atemajac ha modificado la configuración original de los niveles estáticos (antes de bombeo), invirtiendo localmente la dirección de flujo subterráneo, originalmente de oeste a este, produciendo irregulares conos de abatimiento al interior de la cuenca, reduciendo su área de influencia al comparar datos de los años 1996 y 2003 (Geoex, SIAPA, 2003).

Estudios en 1996 y 2003, demuestran que en ese lapso el abatimiento del nivel del agua subterránea en Atemajac-Tesistán el nivel bajó en poco más de dos metros, en promedio 31 centímetros por año, sobre todo la zona en la que hay alta concentración de pozos, como es la batería de pozos del SIAPA, zonas de autoabastecimiento (COMDA, 2011). Lo anterior, le ha valido la declaratoria de su condición de Sobreexplotado de acuerdo con la CONAGUA (2015) (figura 10).

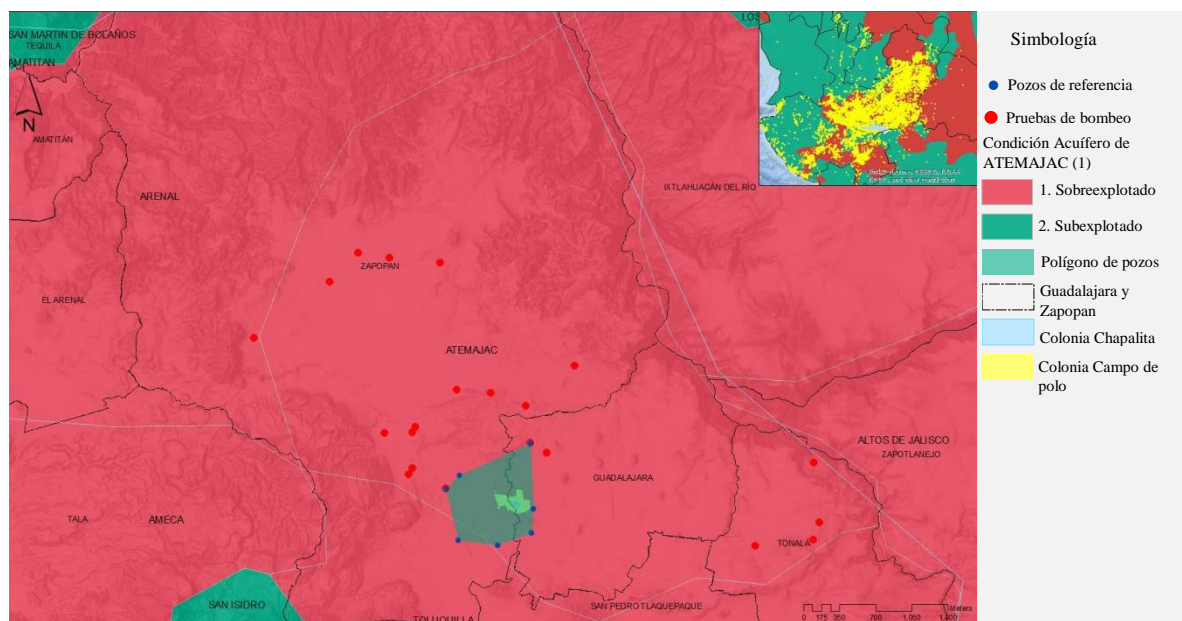


Figura 10. Condición del acuífero de Atemajac.

Fuente: Elaboración propia con datos de la disponibilidad de agua subterránea CONAGUA (2015), sources Esri, digitalización del censo de pozos profundos de estudio Geoex-SIAPA (2003).

La Coalición de Organizaciones Mexicanas por el Derecho al Agua (COMDA, 2011) menciona que el acuífero está vedado de nuevas autorizaciones desde 1951, con una ampliación de veda en 1976 (tabla 3) con clasificación II, es decir, se establece para zonas de veda en las que la capacidad de los mantos acuíferos sólo permite extracciones para usos domésticos (Gobierno de la república, 2010), lo que obliga a manejar el agua con las concesiones existentes desde ese año (COMDA, 2011). El historial de aprovechamientos refleja lo contrario, es decir, en la figura 11, se visualiza que del periodo 1981-1990 los aprovechamientos se duplicaron, para el año 1996, se

redujeron, pero en el periodo 2003-2015 los aprovechamientos en el acuífero de Atemajac aumentaron.

Tabla 3

Vedas del acuífero de Atemajac

Estado	Fecha de publicación en el DOF	Nombre Oficial	Clasificación	Nombre Corto
Jalisco	1951-02-03	Decreto que establece veda por tiempo indefinido para la construcción o ampliación de obras de alumbramiento de aguas del subsuelo en los valles de Atemajac, Tesistán y Toluquilla.	II	Valles de Atemajac, Tesistán y Toluquilla.
Jalisco	1976-04-07	Decreto que declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos de la zona circunvecina a la veda de en los valles de Atemajac, Tesistán y Toluquilla.	II	Zona circunvecina Valles de Atemajac, Tesistán y Toluquilla.

Fuente: Ing. Martin Armando Velasco Ornelas CONAGUA (2012).

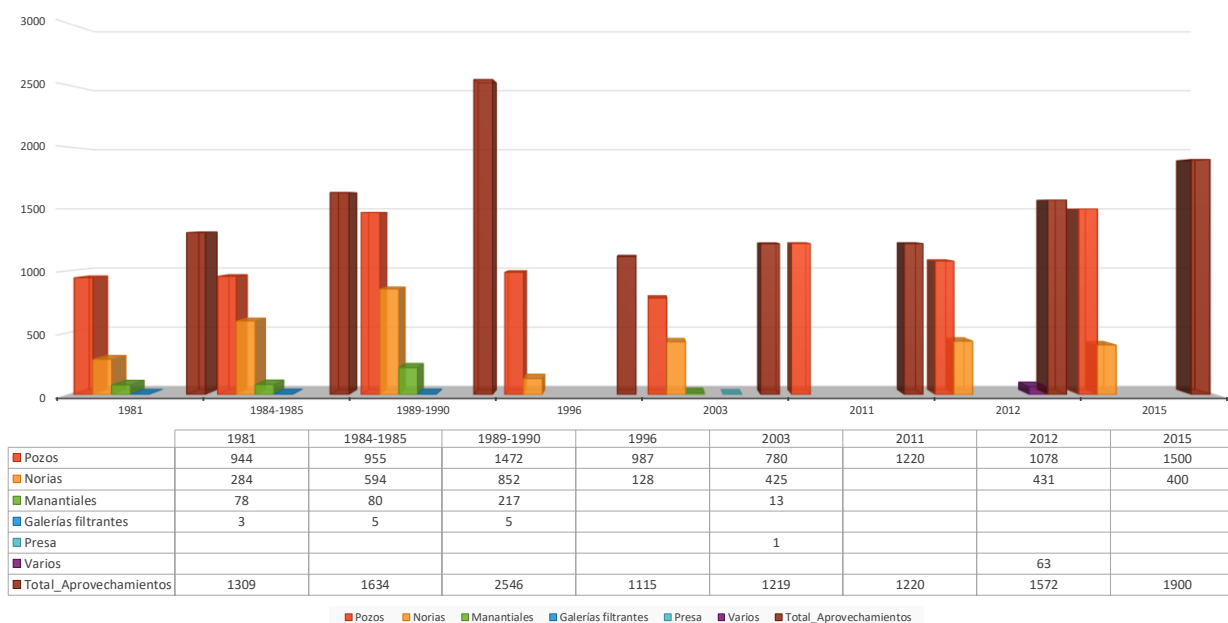


Figura 11. Aprovechamientos del acuífero de Atemajac años 1981, 1984-1985, 1989-1990, 2003, 2011, 2012 y 2015.

Fuente: Elaboración propia con datos del estudio Geoex-SIAPA (2003), COMDA (2011), Ing. Martin Armando Velasco Ornelas CONAGUA (2012) y Disponibilidad media anual CONAGUA (2015).

Los aprovechamientos muestran que a pesar del tipo de veda existen siete usos consuntivos: agrícola, doméstico, acuacultura, servicios, industrial, pecuario y público urbano (Geoex-SIAPA, 2003), aunado a ello, la dinámica urbana ha contribuido a su sobreexplotación y la disminución de la recarga al impermeabilizarse territorio con pavimentos y casas, con ello, se profundiza el efecto negativo sobre las aguas freáticas. De este modo, el acuífero registra problemas de sobreexplotación y abatimiento de su nivel (COMDA, 2011).

Los usuarios mayores de agua subterránea del acuífero de Atemajac son: el Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de la Zona Metropolitana de Guadalajara (SIAPA), los organismos operadores municipales de Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá, así como los fraccionamientos particulares que suministran y administran parcialmente los servicios de agua potable a las áreas urbanas que no controla el SIAPA -Autoabastecimiento- (CONAGUA, 2015).

La ZMG, se abastece de agua a través de diferentes fuentes, tales como: presas (la red y Elías Glez Chávez (Calderón)), el lago de Chapala, pozos profundos que opera el SIAPA y zonas de autoabastecimiento (ver figura 12) que extraen agua de la cuenca geohidrológica del acuífero de Atemajac, es una de las más importantes que abastecen en buena medida de agua potable a la ZMG (Geoex, SIAPA, 2003). Los aprovechamientos están ubicados en su mayoría dentro del perímetro urbano de la ZMG y utilizados primordialmente para uso público urbano (Geocalli, 1981, citado por Geoex-SIAPA, 2003).

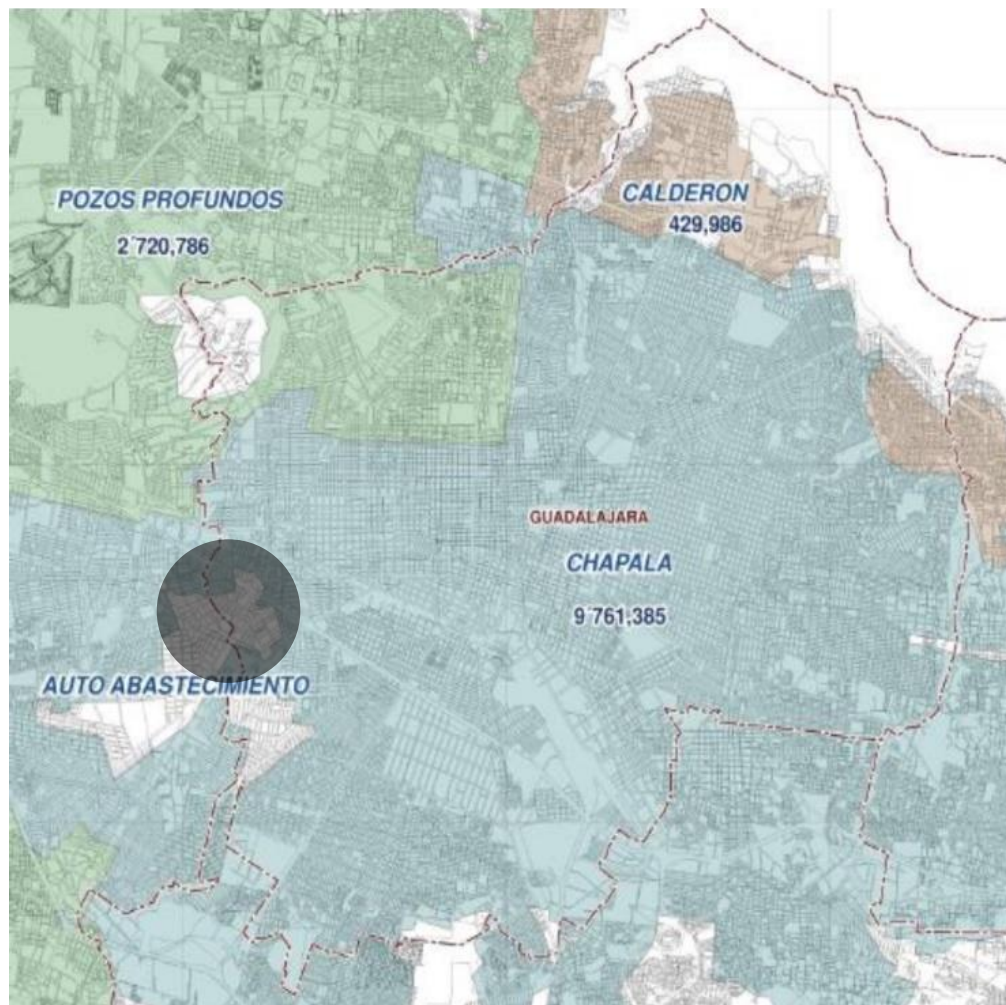


Figura 12. Zona de autoabastecimiento.

Fuente: Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015).

En la figura 13 se ve reflejado el análisis de la disponibilidad medio anual de la cuenca geohidrológica Atemajac que se publicaron en el DOF durante el periodo 2007-2018, donde se visualiza un déficit que va desde -1.413137 hasta -11.50884 respectivamente en el que se puede determinar que existe un grado de presión y estrés hídrico sobre la cuenca geohidrológica, donde se espera y se proyecta un aumento de la población y la mancha urbana.

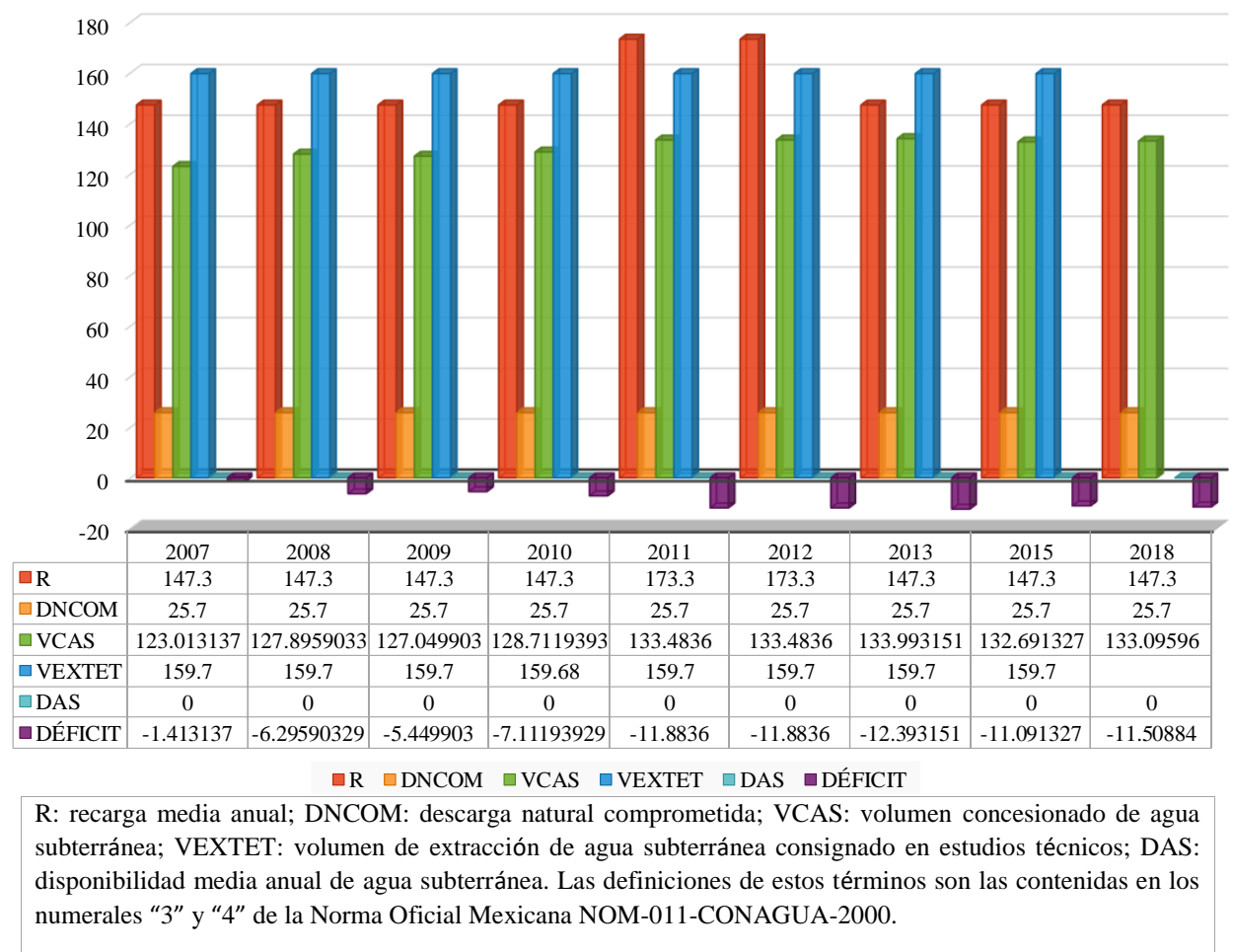


Figura 13. Disponibilidad medio anual del acuífero de Atemajac años 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015 y 2018.

Fuente: Elaboración propia con datos DOF años (2007, 2009, 2013, 2015, 2018), Tabla maestra de acuíferos (2008-2010), Ing. Martin Armando Velasco Ornelas CONAGUA (2012) y Disponibilidad media anual CONAGUA (2015).

El IMEPLAN (2015), realizó un análisis de predicción del crecimiento de la población y superficie urbana que se muestran en la tabla 4 y la figura 14, en dicho análisis se plantearon 3 posibles escenarios a partir de información histórica de crecimiento urbano, de los censos y conteos de población y vivienda de INEGI de distintos periodos y de las proyecciones de población 2030 del CONAPO, donde se muestra como escenario futuro el aumento de la huella de la ciudad.

Tabla 4

Predicción del crecimiento de la población y superficie urbana de la ZMG para el 2045

Año	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Población	4,434,878	4,836,598	5,216,762	5,552,715	5,910,303	6,152,247	6,438,554	6,633,472
Escenario 0: Superficie área urbana sin incremento en área urbana per cápita anual (ha)	-	61,820	66,679	70,973	75,544	78,636	82,296	84,787
Escenario 1: Superficie área urbana con un incremento de 1% en área urbana per cápita anual (ha)	-	-	70,098	78,438	87,769	96,047	105,670	114,451
Escenario 2: Superficie área urbana con un incremento de 2% en área urbana per cápita anual (ha)	-	-	73,692	86,687	101,973	117,312	135,683	154,492

Fuente: IMEPLAN (2015).

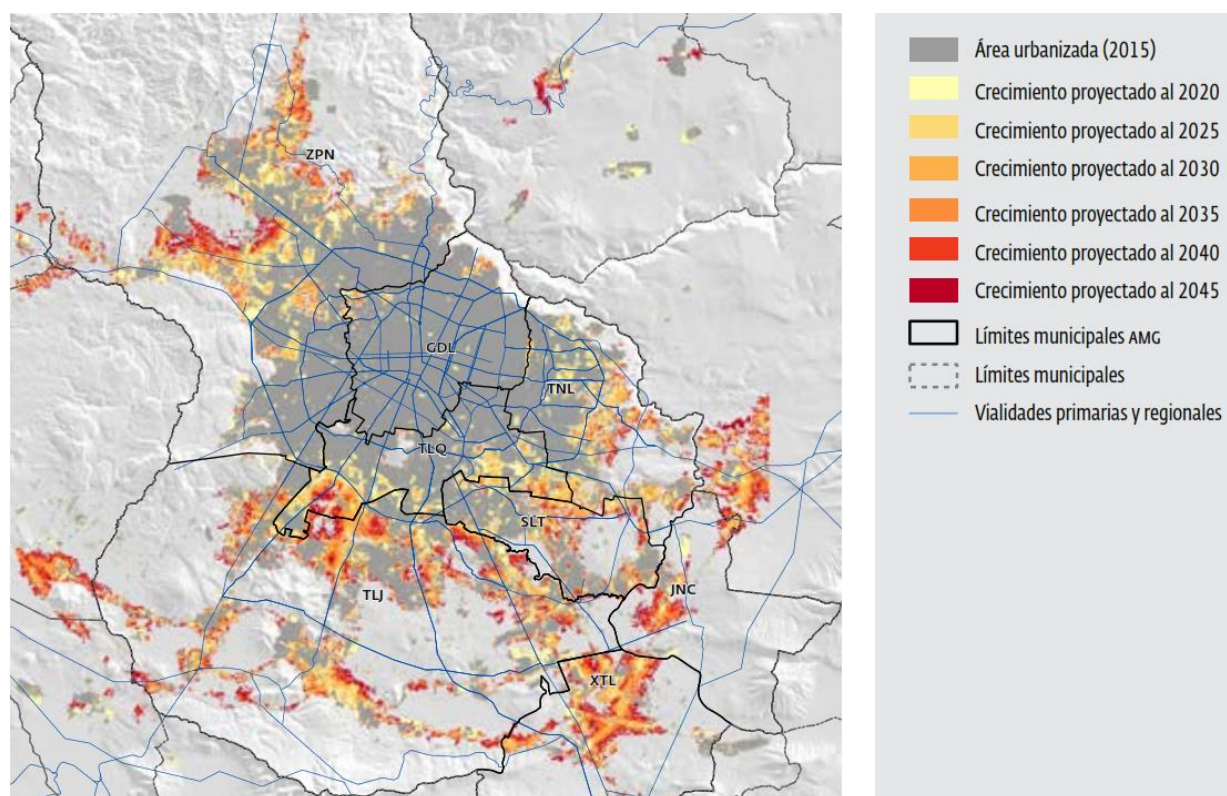


Figura 14. Escenarios de crecimiento de la superficie urbanizada 2045.

Fuente: IMEPLAN (2015).

3.4. Problemática en la gestión del agua en la colonia Chapalita

Durante 1980 al 2015 la población de la ZMG aumentó de 2'371,278 a 4'865,122 habitantes y la superficie urbana se expandió de 22,329 ha a 69,250 ha, un incremento del 210% en 35 años (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2017).

La colonia Chapalita se ubica dentro de los municipios conurbados de Guadalajara y Zapopan y con el paso de los años, su población fija ha ido en aumento, de acuerdo con los censos del INEGI en el año 2000, en la colonia habitaban 8,007 personas y en el 2010 aumentó a 9,052 habitantes.

De acuerdo con Díaz, en el año 1991, en la colonia hubo un flujo de 20,000 personas, ese año, se realizó una medición en los 5 pozos de abastecimiento, el volumen que se extrajo para suministrar agua a las personas fue de 67 l/s. Actualmente extraen de las fuentes de abastecimiento 75 l/s, caudal que ingresa a la red de abastecimiento, para suministrar agua a un aproximado de 30,341 personas.

A pesar de tener un plan parcial, en la colonia Chapalita se han realizado construcciones y adaptaciones de apartamentos sin su adecuación a la vocación habitacional residencial de la colonia, sin respetar las Leyes, Reglamentos, Planes Parciales, tampoco se tomaron en cuenta las normas sanitarias elementales, ni el medio ambiente, ocasionando repercusiones en los servicios públicos (Estatutos Residentes de Chapalita A.C., 2016).

Derivado de lo anterior, con el cambio en el uso de suelo en la colonia, actualmente hay 11 usos consuntivos: habitacional (condominios, torres de departamentos), hoteles (2, 3 y 5 estrellas), comercios y restaurantes, hospitales, clínicas, laboratorios médicos, escuelas, centros religiosos y/o comunitarios, lavanderías, industria, gasolineras, autobaños y riego de áreas verdes.

De acuerdo con la hipótesis de crecimiento a largo plazo en los municipios de Guadalajara y Zapopan para el 2045 se proyectó un aumento de 902,633 nuevos habitantes en conjunto (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2017; Gobierno Municipal de Zapopan, 2016). Dado que, la colonia Chapalita se ubica dentro de los municipios conurbados, existen programas municipales como el del municipio de Guadalajara, en su Plan Parcial del 2018, la mayor parte del territorio de la colonia queda dentro de los planes de redensificación, con ello, se potencializará el aumento de la población en la zona.

El escenario anterior tendrá un impacto en los recursos hídricos que se administran en la colonia Chapalita ya que propicia el crecimiento de la demanda de agua y abatimiento del nivel freático. Con base en Díaz (1991) se documentó que existe una posible disminución del potencial del acuífero original de sus pozos de abastecimiento y como consecuencia de ello, existe una problemática al operar su servicio de agua que se agudiza en el tiempo de estiaje en sus áreas más altas, en su extremo poniente.

Por las actividades que se desenvuelven en la colonia, sus alrededores y la infraestructura vieja, existen fuentes potenciales de contaminación del agua como las redes de alcantarillado y

abastecimiento de agua potable de la ZMG que aportan importantes cantidades de agua al subsuelo debido a las fugas, derivado de ello, los análisis bacteriológicos detectaron contaminación de manantiales por presencia de bacterias coliformes (Geoex-SIAPA, 2003).

Tal situación pone en riesgo los recursos hídricos de la colonia, dado que existe una tendencia de crecimiento poblacional que demandará mayor volumen de agua para el suministro, la infraestructura ya cumplió su vida útil, por lo tanto, la oferta tiende a ser mayor que la demanda por las fugas en la red y la calidad del agua se ve comprometida porque existen fuentes potenciales de contaminación.

La captación y desalojo de las aguas servidas tiene su origen en un sistema de manejo combinado con las aguas pluviales. Derivado de lo anterior, durante 1983-2015, se han registrado 70 eventos de inundación en la colonia Chapalita y alrededores (CUCSH, 2017), a pesar de operar un sistema de 200 pozos de absorción y la cercanía del Canal Santa Catalina de Siena.

4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Localización del área de estudio

El área de estudio es la colonia Chapalita, se encuentra en los límites políticos de los municipios conurbados de Guadalajara y Zapopan que forman parte de la Zona Metropolitana de Guadalajara junto a otros municipios (figura 15). El contorno de los límites municipales que dividen cada municipio se define por el decreto 13,812 de la siguiente manera: por el lindero de la glorieta Chapalita que continua por Av. de las Rosas, hasta llegar a la Av. López Mateos, al suroeste por Av. López Mateos hasta el trazo de la Av. Cubilete (IITEJ y CEAT, 2008).

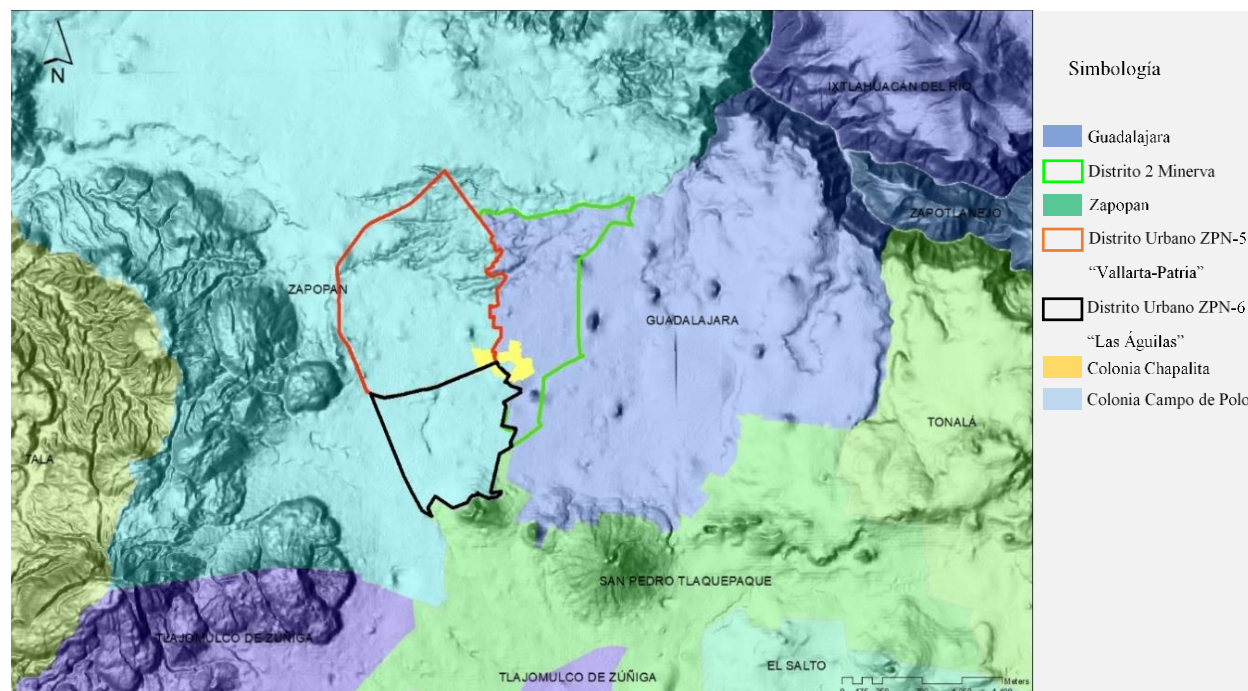


Figura 15. Ubicación de la colonia Chapalita en la ZMG.

Fuente: Elaboración propia datos de límites municipales del Estado de Jalisco, Gobierno Municipal de Guadalajara, (2012-2015), Gobierno Municipal de Zapopan, (PND: 2007-2012), el modelo de elevación INEGI y planos proporcionados por Residentes de Chapalita A.C. (2016).

De acuerdo con el decreto de división municipal y el plan parcial del Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015), la colonia Chapalita se distribuye de la siguiente manera: la superficie total es de 176.1 ha, de las cuales 107.64 ha (61.12%) se ubica en el Distrito Urbano 2 "Minerva", que representa el 54.76% del territorio del distrito urbano y las 68.46 ha restantes de su territorio se encuentra en Zapopan, en el Distrito Urbano ZPN-5 "Vallarta-Patria" se encuentra el 25.37% (44.68 ha) que representa el 1.33% del territorio del distrito urbano, en el Distrito Urbano ZPN-6 "Las Águilas", se encuentra el 13.51% (23.79 ha) que representa el 1.35% del distrito urbano, sus límites espaciales se presentan en la tabla 5. La zona que se muestreó es la más antigua de la colonia, se denomina Chapalita Oriente y se marca en la figura 16 con un polígono en color gris.

Tabla 5
Límites Chapalita

D-2 Minerva / 08 Chapalita					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	667713.64	2286523.16	58	667396.14	2285075.64
2	667686.75	2286479.08	59	667399.33	2285069.52
3	667679.43	2286467.08	60	667399.44	2285069.31
4	667625.56	2286378.77	61	667400.95	2285066.43
5	667575.41	2286296.40	62	667412.56	2285047.88
6	667573.88	2286293.90	63	667413.66	2285046.12
7	667490.93	2286157.69	64	667425.91	2285026.55
8	667470.21	2286123.65	65	667433.02	2285015.19
9	667471.37	2286123.22	66	667449.20	2284989.35
10	667488.20	2286107.47	67	667455.73	2284978.91
11	667496.27	2286089.90	68	667480.77	2284938.91
12	667500.00	2286075.00	69	667497.48	2284912.21
13	667500.51	2286067.02	70	667514.24	2284885.45
14	667501.24	2286055.53	71	667567.14	2284800.94
15	667497.25	2286038.86	72	667567.15	2284800.93
16	667485.81	2286024.35	73	667414.12	2284703.77
17	667527.17	2285996.78	74	667333.83	2284652.79
18	667555.45	2285977.93	75	667189.32	2284561.03
19	667559.90	2285974.97	76	667010.28	2284908.76
20	667577.59	2285963.17	77	666963.67	2284944.38
21	667718.10	2285865.51	78	666889.34	2285000.51
22	667732.68	2285866.07	79	666800.37	2285029.95
23	667811.84	2285869.12	80	666948.00	2285268.00
24	667837.15	2285870.10	81	666740.67	2285426.78
25	667839.25	2285819.15	82	666602.63	2285583.03
26	667840.43	2285790.56	83	666517.68	2285719.55
27	667841.86	2285755.86	84	666426.66	2285895.52
28	667845.28	2285672.74	85	666407.00	2285967.00
29	667789.41	2285664.76	86	666439.40	2286004.57
30	667792.56	2285654.55	87	666454.77	2286047.02
31	667793.93	2285642.78	88	666425.13	2286082.15
32	667790.79	2285630.04	89	666400.97	2286090.20
33	667786.39	2285621.45	90	666374.00	2286099.00
34	667792.75	2285617.86	91	666370.54	2286156.44
35	667822.85	2285600.89	92	666419.08	2286247.46
36	667822.93	2285596.75	93	666496.44	2286385.50
37	667823.02	2285595.88	94	666561.67	2286500.79
38	667824.03	2285585.60	95	666600.49	2286566.08
39	667825.30	2285572.80	96	666625.39	2286599.39
40	667827.09	2285554.74	97	666640.55	2286599.39
41	667828.72	2285538.31	98	666662.72	2286921.25
42	667832.35	2285501.61	99	666663.02	2286921.26
43	667836.79	2285456.80	100	666664.84	2286921.05
44	667837.98	2285444.61	101	666673.55	2286920.05
45	667842.32	2285399.90	102	666678.25	2286919.51
46	667844.41	2285378.38	103	666679.63	2286919.36
47	667845.42	2285368.02	104	666703.25	2286916.65
48	667753.46	2285303.80	105	666749.52	2286897.47
49	667602.80	2285198.58	106	666882.24	2286842.44
50	667595.79	2285194.23	107	666898.51	2286839.66
51	667594.23	2285193.26	108	666916.62	2286832.69
52	667535.25	2285160.81	109	667021.15	2286792.43
53	667444.59	2285110.91	110	667185.43	2286728.55

Continúa tabla 5

D-2 Minerva / 08 Chapalita					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
54	667400.44	2285086.61	111	667711.03	2286524.18
55	667394.83	2285083.52	112	667713.52	2286523.21
56	667392.39	2285082.18	113	667713.52	2286523.21
57	667393.01	2285081.64	114	667713.64	2286523.16
Distrito Urbano ZPN-5 "Vallarta-Patria"			Distrito Urbano ZPN-06 "Las Águilas"		
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	664646.24	2292499.36	1	661933.70	2284593.47
2	666369.37	2290193.82	2	666517.77	2285726.53
3	666837.33	2288760.00	3	666952.92	2285277.29
4	666655.79	2286938.62	4	667408.84	2284695.76
5	666517.77	2285726.52	5	667199.01	2283381.41
6	662443.99	2284443.21	6	666669.22	2281055.71
7	661933.70	2284593.47	7	664275.36	2280880.63
8	660913.87	2286825.36	8	664170.35	2280144.52
9	660853.90	2289148.65			
10	661883.85	2290556.49			

Fuente: Gobierno municipal de Guadalajara, 2018* y Gobierno municipal de Zapopan, 2016.

* Sistema de Proyección de Coordenadas UTM, Datum WGS 1984, Zona 13N (incluye la colonia Campo de Polo).

Residentes de Chapalita A.C. (RCH), tiene bajo su jurisdicción las 176.1 ha de extensión territorial de la colonia Chapalita que se divide en 159 manzanas y se subdividen en 2,654 predios de diferentes superficies y usos de suelo -cálculo realizado con los planos oficiales de la colonia- (RCH, 2016). Dentro de la colonia está el área del fraccionamiento independiente “Campo de Polo” (figura 16) (Díaz, 1991).



Figura 16. Jurisdicción de Residentes de Chapalita A.C.

Fuente: Elaboración propia con los límites municipales del Estado de Jalisco, Gobierno Municipal de Guadalajara, (2012-2015), Gobierno Municipal de Zapopan, (PND: 2007-2012) y planos proporcionados por Residentes de Chapalita A.C. (2016).

4.2. Características del territorio

4.2.1. Topografía

En el Distrito 2 Minerva se encuentran dos sistemas de topoformas: la semiplanas con carácter de lomerío somero y con pendientes que van del 2 al 8 % y; la semiabrupta que corresponde a los relictos de cañada ubicados en el norte y norponiente del Subdistrito, siendo la dirección de la pendiente de sureste a noreste (figura 17) (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2012-2015).

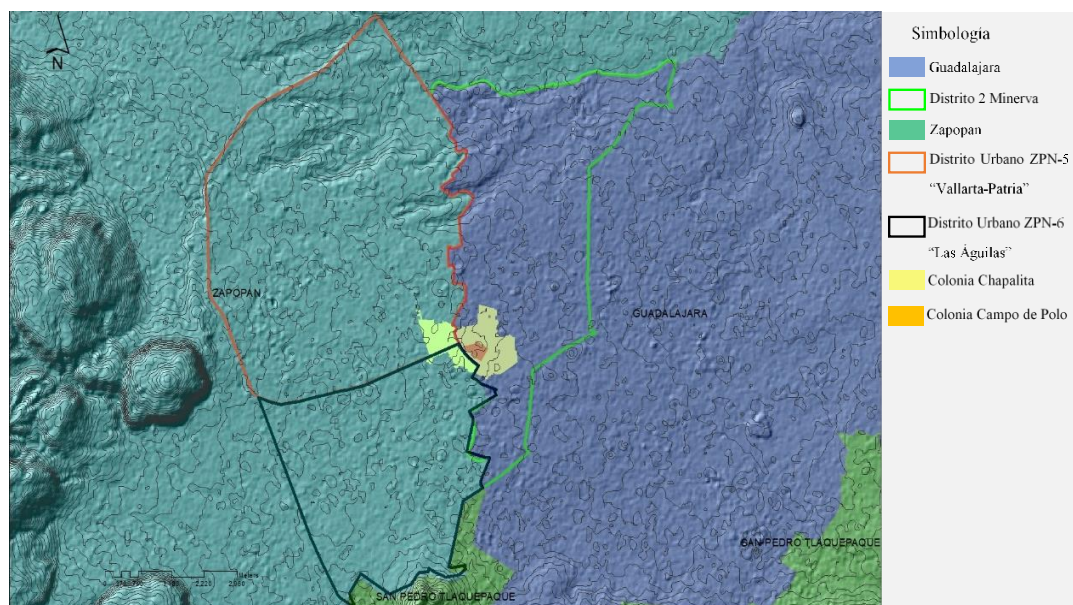


Figura 17. Topografía en el área de estudio.

Fuente: Elaboración propia con datos del CUCSH, Gobierno Municipal de Guadalajara, (2012-2015), Gobierno Municipal de Zapopan, (PND: 2007-2012), el modelo de elevación INEGI y planos proporcionados por Residentes de Chapalita A.C. (2016).

La topografía de los Distritos Urbanos ZPN-5 "Vallarta-Patria" y ZPN-6 "Las Águilas" presenta principalmente un tipo de relieve con pendientes de entre el 0 al 15% sobre el 94.24% y el 99.4% respectivamente (figuras 18 y 19) (Gobierno Municipal de Zapopan, PND: 2007-2012).

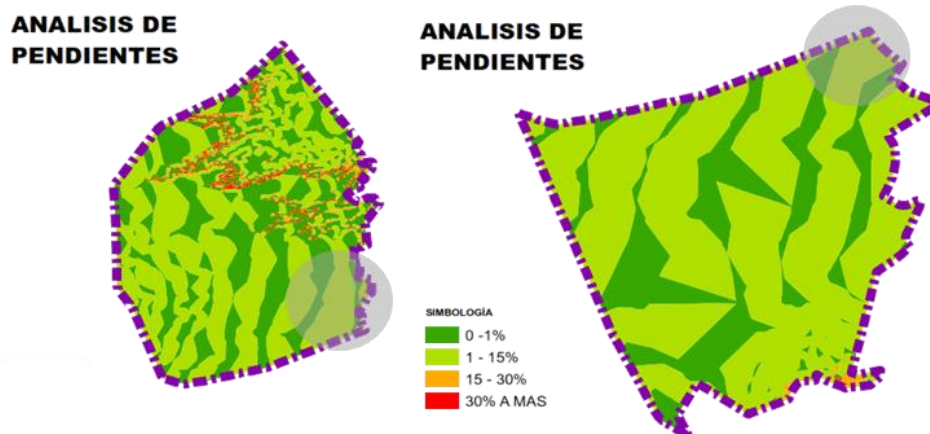


Figura 18. Topografía de los Distritos Urbanos ZPN-5 "Vallarta-Patria" y ZPN-6 "Las Águilas".

Fuente: Gobierno Municipal de Zapopan, PND (2007-2012).

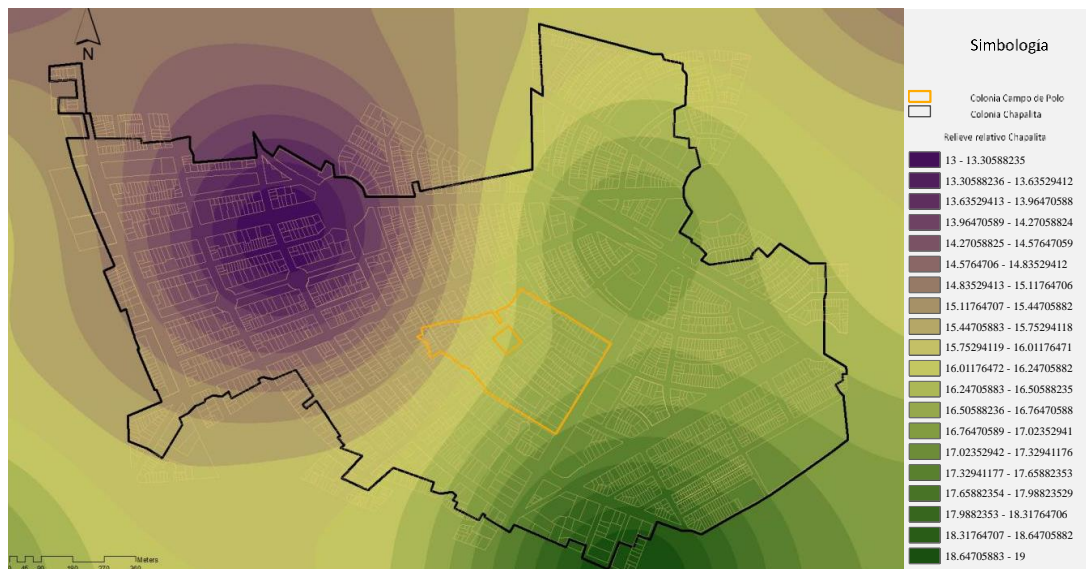


Figura 19. Relieve Chapalita.

Fuente: Elaboración propia (2017).

4.2.2. Edafología

El Regosol Eútrico se encuentra en los distritos 2 Minerva del municipio de Guadalajara y los Distritos Urbanos ZPN-5 “Vallarta-Patria” y ZPN-6 “Las Águilas” del municipio de Zapopan como suelo primario (figura 20). La característica principal del Regosol es el presentar poca materia orgánica y están asociados con afloramientos de roca o tepetate (INEGI, 2008), destaca por estar constituidos por menos de 10% de arena; ello le imprime una baja retención de humedad y un alto riesgo de erodabilidad. El subtipo es el suelo catalogado como Eútrico. INEGI lo clasifica como suelos ligeramente ácidos a alcalinos, y fértiles. (INEGI, 2008).

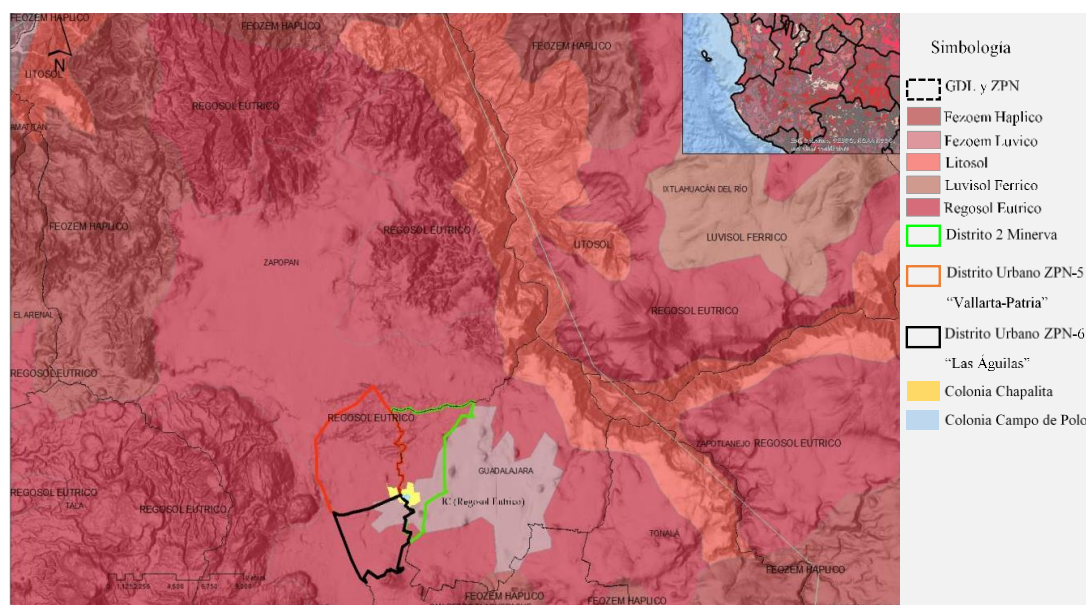


Figura 20. Edafología en el área de estudio.

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONABIO, RCH (2016).

El Regosol Eútrico es el Regosol con subsuelo rico o muy rico en nutrientes, formados a partir de materiales no consolidados, por tanto, son suelos más recientes y menos evolucionados que los cambisoles. Es frecuente la existencia de un único horizonte A, sobre la roca madre, por lo que suelen tener muy poca profundidad (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2012-2015).

Predomina la textura gruesa, con grado de erosión moderado a muy alto, es decir que ha perdido de 10 a más de 200 toneladas de suelo por hectárea al año (Gobierno Municipal de Zapopan, PND: 2007-2012).

4.2.3. Geomorfología

El relieve y las topoformas del área de estudio son dominados por rasgos geomorfológicos de origen volcánico. El Complejo Volcánico La Primavera (CVLP) y la Cadena Volcánica Sur de Guadalajara (CVSG), representan dos de los rasgos volcánicos más notables del sector occidental de la FVTM. El límite sur de la ZMG está definido por una cadena de volcanes y conos cineríticos pleistocénicos asociados con flujos de lavas máficas, brechas y escoria de la CVSG, edificaciones volcánicas de baja altura tipo estratovolcán, alineados en dirección noroeste-sureste y extendidos hasta el río Grande de Santiago, cadena de volcanes que representan el parteaguas natural entre las cuencas geohidrológicas de Atemajac y Toluquilla (Geoex-SIAPA, 2003).

4.2.4. Geología

El marco geológico corresponde a un ambiente volcánico del terciario al reciente con prominencias topográficas semi-alargadas con elevaciones de 2,200 msnm; La Sierra El Madroño compuesta por andesitas terciarias, edificios cónicos volcánicos, cuaternario de composición basáltica; y un centro volcánico ácido conocido como La Primavera, con un aporte muy importante de riolitas, tobas, arenas pumíticas de origen riolítico, (figura 21) (CONAGUA, 2015).

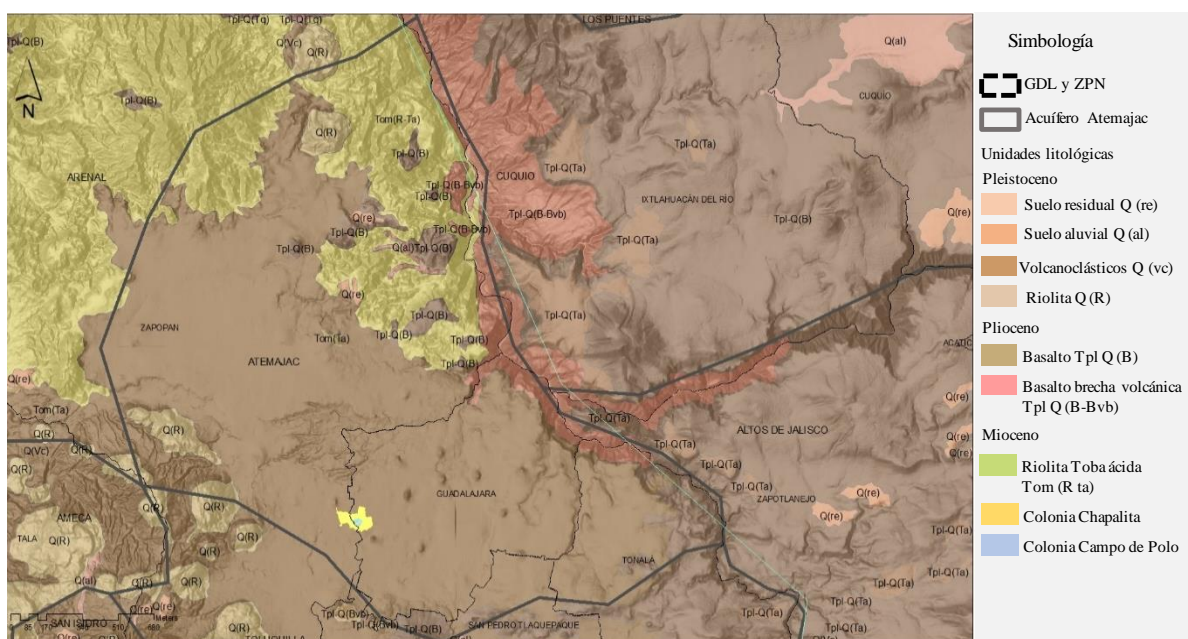


Figura 21. Geología en el área de estudio.

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno de Jalisco, INEGI, CONABIO, CONAGUA y RCH (2016).

4.2.5. Usos del suelo y vegetación

En el distrito urbano 2 “Minerva” del municipio de Guadalajara, 2018, no se presentó información específica sobre este tema, A partir de la información de la actualización de estudios de COPLAUR 2011 y CATASTRO 2013 de uso de suelo por predios se comparó el comportamiento de las actividades económicas en el territorio. De acuerdo con los resultados, el Distrito Urbano 02 Minerva presentó mayor proporción de suelo que corresponde a espacios abiertos (28% frente a 13.75%) y equipamiento (9% frente a 6.92%). Así mismo la zona tiene menor porción de comercio y servicios (31.57% frente a 15.87% del total del municipio).

En el Distrito Urbano ZPN-05 “Vallarta-Patria” la mayor parte del suelo está urbanizado sin áreas con posibles usos para su explotación productiva específicamente para fines agrícolas, algunos predios se pueden promover para huertos urbanos y para el incremento de áreas verdes. En el Distrito Urbano ZPN-06 “Las Águilas” la mayor parte del suelo se encuentra ocupado por la urbanización, los libres pueden ser utilizados con fines de explotación agrícola entre otros (Gobierno Municipal de Zapopan, 2016).

4.2.6. Hidrología Superficial

Precipitación

Según datos del Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guadalajara, la precipitación media anual de la región es de 866.9 mm. El periodo húmedo se extiende desde finales de la tercera semana de mayo, hasta mediados de la tercera semana de octubre (154 días), en esta época se precipitan aproximadamente 813.6 mm, que equivalen a 93.85% del total anual (tabla 6) (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2017).

Tabla 6

Precipitación pluvial

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM
Promedio	14.3	3.2	4.7	4.7	25.5	168.3	229.4	194.2	149.0	47.2	15.7	10.7	866.9
Mínima	0.0	0.0	0.0	0.0	Inap.	35.8	86.4	22.0	44.9	1.1	0.0	0.0	568.0
Máxima	98.7	28.5	71.0	63.4	240.6	454.9	409.5	348.0	328.3	186.0	195.4	163.3	1297.1

Fuente: Gobierno Municipal de Guadalajara (2017).

El clima en el municipio de Zapopan es Sub-húmedo lluvioso, templado- cálido, su precipitación promedio anual es de 917.4 mm. El periodo húmedo se extiende entre los meses de mayo a octubre, en esta época se precipitan 839 mm de media anual, la época de estiaje es de noviembre hasta mediados de mayo (Gobierno Municipal de Zapopan, 2016).

Cuencas principales

El sistema hidrológico de la Zona Metropolitana de Guadalajara se encuentra dentro de la región hidrológico-administrativa es la VIII (figura 22) la región hidrológica es la 12 Lerma-Santiago, la zona hidrológica es Río Santiago, y la cuenca hidrológica es la Río Santiago 2 (figura 23) (CEA, 2016). En el valle de Atemajac se encuentra asentada la ciudad de Guadalajara, en esta área se han delimitado 12 subcuencas hidrológicas identificadas como: Atemajac, arroyo Hondo, arroyo

Osorio, arroyo San Andrés, arroyo Seco, Coyula, El Bajío, Huentitán, Rancho Contento, Río Blanco, San Gaspar y San Juan de Dios (figura 24). (Geoex-SIAPA, 2003).



Figura 22. Región hidrológica administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico.
Fuente: Comisión Estatal del Agua de Jalisco (2016).

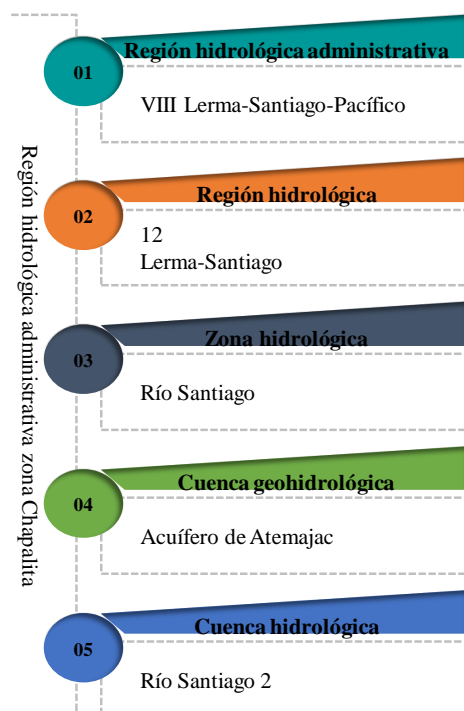


Figura 23. Región hidrológica administrativa.
Fuente: Comisión Estatal del Agua de Jalisco (2016).

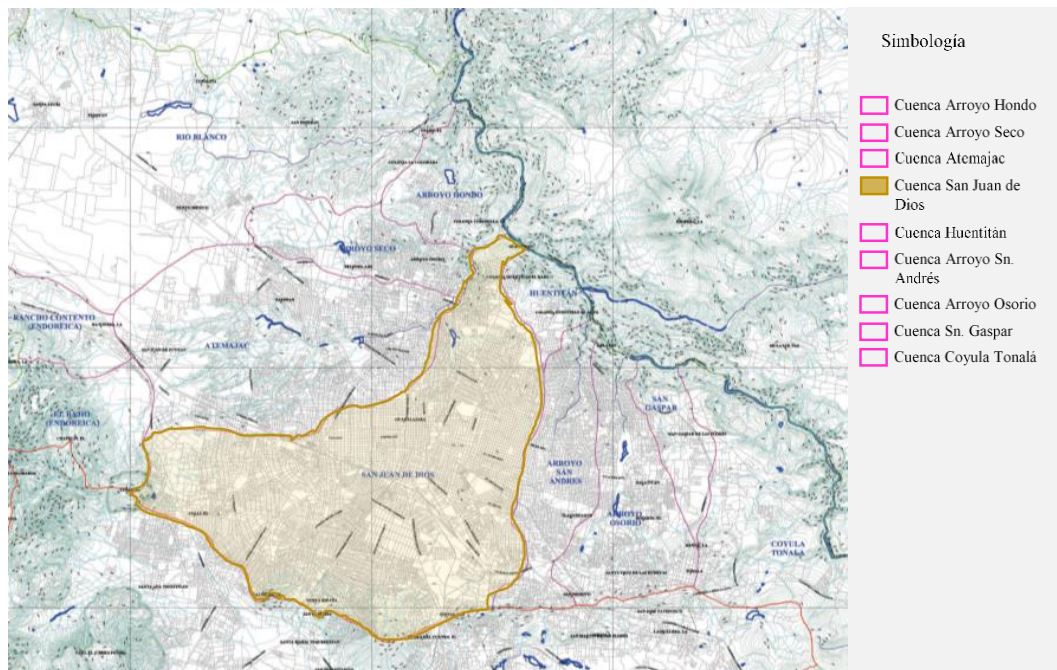


Figura 24. Subcuencas Zona Metropolitana de Guadalajara.

Fuente: Geoex-SIAPA (2003).

Por su ubicación geográfica y por disposición oficial la colonia Chapalita, se ubica en el sistema hidrológico de la Subcuenca San Juan de Dios (figuras 25 y 26). Para fines de esta investigación las microcuencas en las que se ubica Chapalita se denominarán Norte y Sur (figura 27).

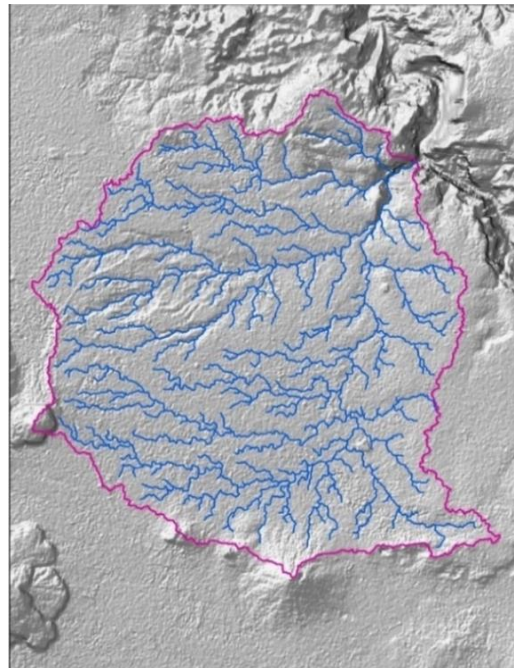


Figura 25. Red hidrográfica superficial de las Subcuencas Atemajac-Río San Juan de Dios

Fuente: Díaz Torres (2017).

4.2.7. Hidrología subterránea

Para la administración de los recursos hídricos en México, existe una delimitación de Regiones Hidrológicas determinada por la CONAGUA, organismo gubernamental que se encarga de la regulación del agua ya que los acuíferos, constituyen la unidad de gestión básica, y la disponibilidad de aguas nacionales (Monterrosa, 2015). Por la ubicación geográfica del área de estudio, las fuentes de abastecimiento de la colonia Chapalita se encuentran en el acuífero de Atemajac, por ello, a continuación, se describe el subsistema de agua subterránea (figura 28).

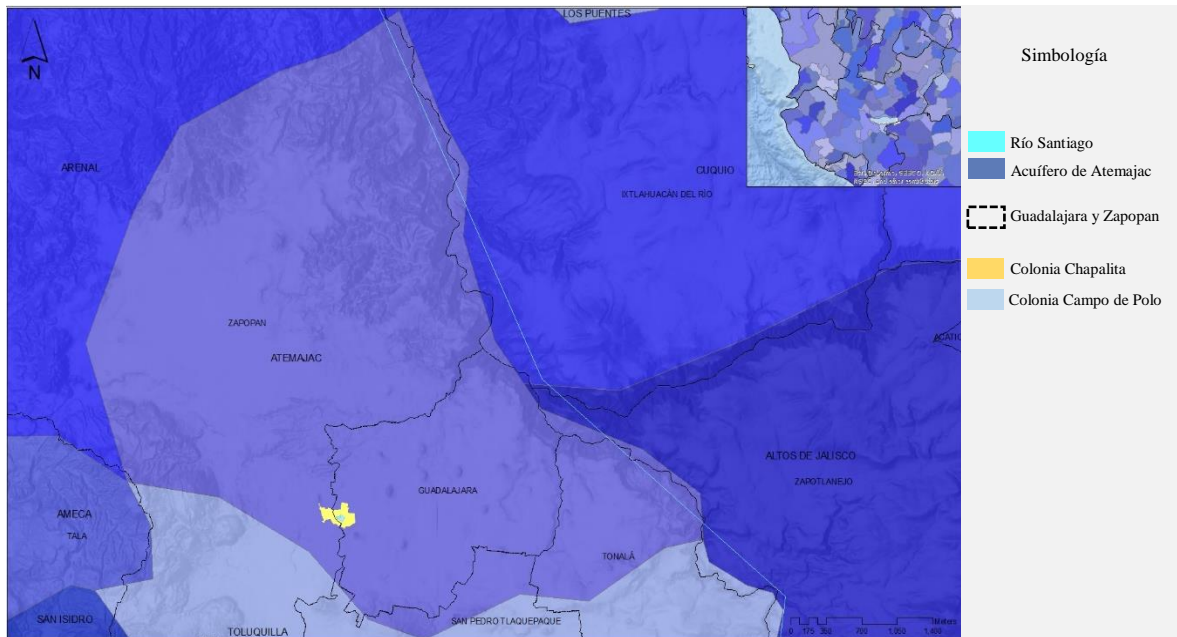


Figura 28. Localización de Chapalita en el acuífero de ATEMAJAC.

Fuente: Elaboración propia con datos de la disponibilidad de agua subterránea CONAGUA (2015), sources Esri y planos proporcionados por Residentes de Chapalita A.C. (2016).

Acuífero de Atemajac

El acuífero de Atemajac se localiza geográficamente en la porción central del estado de Jalisco entre los paralelos 20°35' y 20°56' y los meridianos 103°10' y 103°35'. Limita al norte con el acuífero de Arenal y caquí, al oriente con Altos de Jalisco, al sur con Ameca y Toluquilla. El acuífero tiene una extensión superficial aproximada de 736.45 km². Políticamente cubre en su totalidad al municipio de Guadalajara y de manera parcial los municipios colindantes de Tonalá, Tlaquepaque y Zapopan (figura 28) (CONAGUA, 2015).

Desde el punto de vista fisiográfico, la cuenca de estudio se ubica en el sector occidental de la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), muy cerca, al sur, de la frontera con la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental (SMO). Sus límites fisiográficos son: Al norte: los cerros del Jocoque, San Francisco, El Chicharrón, Las Palomas, Piedras de Amolar y el cañón del río Grande de Santiago. Al noroeste el cerro El Tepopote y La Col. Al sur y suroeste por los domos del CVLP - Pinar de la Venta, Mesa de la Lobera y Mesa El Najahuete y El Colli. Al sur y sureste por el AVSG – cerros El Gachupín, Santa María, El Cuatro,

El Tapatío, Tateposco y La Punta. Al este por la margen izquierda del cañón del río Grande de Santiago (CONAGUA, 2015).

El sistema hidrológico regional de esta zona pertenece a la Región Hidrológica 12 Lerma-Santiago, cuenca 12 E Río Santiago-Guadalajara, sistema que drena un área de 9,641 km². Se divide en 2 subcuencas: 12 Eb “Corona-Río Verde” y la 12 Ec “Río Verde-Presa Santa Rosa”. El colector o afluente principal es el río Grande de Santiago. En la cuenca geohidrológica de Atemajac durante el periodo 1996-2003, se registraron abatimientos promedio de -2.21 m/año (Geoex-SIAPA, 2003). “La disponibilidad de aguas subterráneas es de - 1.413137 hm³/año, el valor indica que no existe disponibilidad de aguas subterráneas. Por lo tanto, no podrán otorgarse nuevas concesiones o asignaciones para extraer volúmenes adicionales, a fin de lograr la estabilización del acuífero mediante el manejo racional del recurso”, lo anterior, le ha valido la declaratoria de su condición de Sobreexplotado de acuerdo con la CONAGUA (2015).

Unidades estratigráficas mayores

Las unidades estratigráficas mayores presentes en el acuífero de Atemajac son: grupo río Santiago, grupo Guadalajara inferior, grupo Guadalajara superior, el volcanismo bimodal emplazado al sur y suroeste (Geoex-SIAPA, 2003).

En la figura 29, se muestran las unidades estratigráficas para la colonia Chapalita, éstas se determinaron a través de la georreferenciación del censo de pozos presentado en el estudio Geoex-SIAPA, con ello se seleccionaron los pozos cercanos a la colonia (triángulos rojos, azules, salmón y diamantes negros) y se delimitó un polígono (verde) como área de influencia, con base en ello, a continuación, se describen las unidades estratigráficas mayores en la zona de estudio:

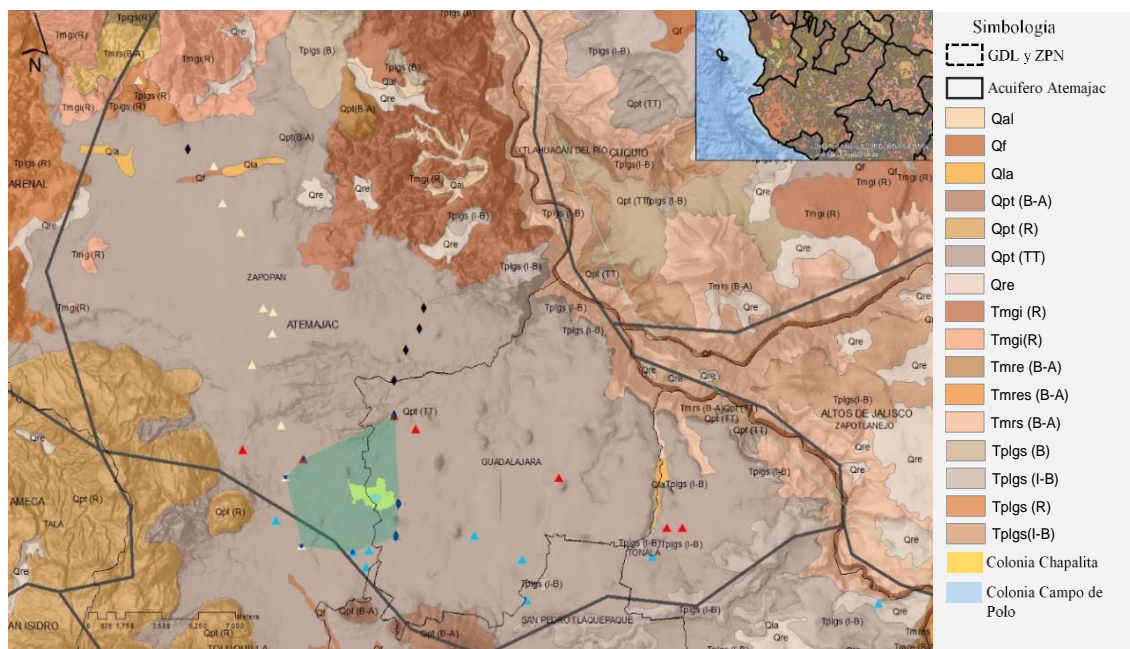


Figura 29. Unidades estratigráficas mayores.

Fuente: Elaborado con mapa temático del estudio Geoex-SIAPA. (2003).

1. Grupo Río Santiago-Tmrs (B-A): Flujos de basalto y andesita basáltica, con intercalaciones menores de tobas soldadas en la base y ceniza – lapilli pumicítico en la cima (Geoex-SIAPA, 2003).
2. Grupo Guadalajara inferior-Tmgi (R): Flujos, domos y brechas de composición riolítica con menor ignimbrita (Geoex-SIAPA, 2003).
3. Grupo Guadalajara superior-Tplgs (I-B): Ignimbrita, basalto y domos riolíticos con menor brecha, material piroclástico y escoria (Geoex-SIAPA, 2003).
4. Toba Tala-Qpt (TT): Tobas de caída libre, lapilli y flujos de ceniza (Geoex-SIAPA, 2003).

Unidades hidroestratigráficas

En la Cuenca de Atemajac se distinguen dos unidades hidroestratigráficas: un acuífero superior de tipo libre, emplazado en depósitos aluviales del Reciente y en la toba silíceo no consolidada con fragmentos de pumicita y vidrio, llamada Toba Tala del Cuaternario, época Pleistoceno (0.095 Ma), y un acuífero inferior de tipo semiconfinado alojado en rocas volcánicas del grupo Guadalajara del Terciario, época Plioceno (4.71 a 1.39 Ma) y del grupo río Santiago (11 a 7.5 Ma) (Geoex-SIAPA, 2003).

Las fronteras impermeables al flujo subterráneo están constituidas al norte por cerros formados de rocas volcánicas del grupo Guadalajara superior e inferior, al sur por la Cadena Volcánica Sur de Guadalajara, hacia el este el río Santiago y hacia el oeste el CVLP (Geoex-SIAPA, 2003).

Entre los cerros El Colli y Gachupín existe una “garganta” topográfica por donde aparentemente existió una interconexión entre los acuíferos de Atemajac y Toluquilla. Sin embargo, esta zona actualmente representa un parteaguas natural de los escurrimientos superficiales de ambas cuencas y una frontera geológica natural de las aguas subterráneas de ambos acuíferos (Geoex-SIAPA, 2003).

5. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

La investigación es explicativa de evaluación y diagnóstico, sugiere vínculos de causalidad y efecto entre las variables con los modos de análisis de especificación, explicación e interpretación (Cazau, 2006), por ello, la metodología que se propone es híbrida o mixta, que permite la combinación de métodos para el diseño de instrumentos, herramientas de medición y observación adecuados para el proceso de obtención de datos cuantitativos y cualitativos, esto permite conocer la evolución que ha experimentado el uso de los recursos hídricos en la colonia Chapalita de Guadalajara, para describir la problemática actual y evaluar el modelo actual de gestión del agua primero se definió el diagrama general del proceso de investigación (figura 30), posteriormente se establecieron criterios generales y variables operacionalizadas que se detallan en la figura 1 y la tabla 7, con base en lo anterior, la metodología general del modelo y los instrumentos diseñados para la obtención de información es la siguiente:



Figura 30. Diagrama general del proceso de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7

Cuadro operacionalización de variables de soporte

Unidad de análisis	Variable	Indicador	Índice	Fuente
Cartografía geográfica		Geomorfología Geología Edafología	Topoforma Marco geológico Suelo primario Suelo secundario	Geoex-SIAPA (2003). Gobierno Municipal de Zapopan, (PND: 2007-2012) y Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015). CONAGUA (2015).
Planificación urbana	Uso de suelo Actualización de uso de suelo Riesgo hídrico	Coefficiente de escurrimiento ponderado	Áreas verdes en la colonia (permeable) Áreas pavimentadas en la colonia (impermeable) Suministro Riesgo por instalaciones	Gobierno Municipal de Zapopan, (PND: 2007-2012 y 2016) y Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015 y 2017). Ing. Carlos Aguirre (2016-2017). Ing. Jorge Quintal Hay. DENUE y SCIAN México.
Geografía topográfica	Topografía	Pendientes	Cota máxima Cota mínima	Gobierno Municipal de Zapopan, (PND: 2007-2012) y Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015). Mtro. Jesús Díaz Torres (2017).
Geografía económica	Economía Historia	Chapalita Antecedentes históricos de la ZMG y Chapalita	Economía familiar e institucional (RCH)	Encuesta con 36 residentes de la colonia (2016). Arq. Carlos Sánchez Sahagún (2016). Ing. Nicolás Díaz Infante (2016). Martínez (1977). Gobierno de Jalisco (2012). Sustaita (2003 y 2014).
Geografía humana	Población • Fija • Flotante Incremento	Estadística • Tasa de crecimiento	Demografía • Proyección de la población, ec. 1 $r = \left[\left(\frac{P_x}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] * 100$	Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) marco geoestadístico INEGI (2000 y 2010). DENUE (INEGI, 2017), clasificación SCIAN México, imágenes satelitales “Google Earth”, DataTur (2016). Metodología para proyectar la población INEGI (2017).
Aguas subterráneas	Acuífero (Atemajac)	Unidades estratigráficas mayores	Unidades hidroestratigráficas	Geoex-SIAPA (2003).
Hidrografía	Sistema hidrológico Aguas superficiales	Cuencas principales Cauces	Subcuenca (San Juan de Dios). Microcuenca (norte) Microcuenca (sur)	Geoex-SIAPA (2003) Mtro. Jesús Díaz Torres (2017). Mtro. Jesús Díaz Torres (2017). Mtro. Jesús Díaz Torres (2017).
Climatología	Precipitación Pluvial Temperatura Evaporación potencial Evapotranspiración	Intensidad Media Máxima ETP teórica	Duración de la tormenta Mensual Anual ETP anual	CEA (2016). CEA (2016). CEA (2016). CEA (2016). Método Thornthwaite

Continúa tabla 7

Unidad de análisis	Variable	Indicador	Índice	Fuente
Calidad de las aguas	Contaminación del agua subterránea	Natural Antropogénica	Formacional Infraestructura Escorrentía Fugas en la red de alcantarillado Automóviles Otras fuentes	Geoex-SIAPA (2003). Gobierno Municipal de Guadalajara (2017). Ing. Nicolás Díaz Infante (2016). Encuesta con 36 residentes de la colonia (2016). Gobierno de Jalisco (2011, 2015, 2017).
Derecho y legislación nacionales	Regulador de demarcaciones hidrográficas	CONAGUA	Fuentes de abastecimiento Volumen concesionado	CONAGUA (2016). Arq. Carlos Sánchez Sahagún (2016). Ing. Nicolás Díaz Infante (1991). Jefe de mantenimiento de Chapalita (2016).
Opinión pública	Gestión del agua (Chapalita)	Población	Infraestructura Servicio de abastecimiento Gestión de aguas pluviales Gestión de aguas residuales	Encuesta con 36 residentes de la colonia (2016).
Drenajes	Escorrentía	Estructura de control y retención	Canal Santa Catalina de Siena	Arq. Carlos Sánchez Sahagún (2016). Ing. Carlos Aguirre (2016-2017).
Ingeniería hidráulica	Agua subterránea	Fuentes de abastecimiento Infraestructura Modelado de la red de abastecimiento	Pozos de abastecimiento de la colonia Chapalita. Hidráulica de pozos Características geológico-estructurales en pozos de referencia Abatimiento del nivel freático Red hidráulica de abastecimiento Usuarios del agua potable Prospectiva del crecimiento de la población 2045 y capacidad de suministro Fugas en la red Abastecimiento complementario del SIAPA	Arq. Carlos Sánchez Sahagún (2016). Ing. Nicolás Díaz Infante (1991). Geoex-SIAPA (2003). Encuesta con 36 residentes de la colonia (2016). Ing. Jorge Quintal Hay

Continúa tabla 7

Unidad de análisis	Variable	Indicador	Índice	Fuente
Alcantarillado y depuración de aguas	Aguas pluviales	Drenaje combinado	Colector López Mateos.	Martínez (1977).
	Aguas residuales		Subcolector Tepeyac	Ing. Carlos Aguirre (2016-2017).
			Subcolector Guadalupe	Ing. Margarita Castrillo (2016-2017).
			Gestión del agua pluvial en la vivienda	Encuesta con 36 residentes de la colonia (2016).
			Gestión del agua pluvial en la vivienda	Jefe de mantenimiento de Chapalita (2016).
			PTAR Agua Prieta	
Abastecimiento de agua	Suministro	Usos consuntivos	Crecimiento de la demanda de agua	Encuesta con 36 residentes de la colonia (2016).
			Cuantificación del consumo de agua	Jefe de mantenimiento de Chapalita (2016).
			• Fija: prácticas de consumo.	Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) marco geoestadístico INEGI (2000 y 2010).
			Elementos de almacenamiento del agua.	DENUE (INEGI, 2017), clasificación SCIAN México, imágenes satelitales "Google Earth", DataTur (2016).
			• Flotante	Metodología para proyectar la población INEGI (2017).
			Población futura	

Fuente: Elaboración propia.

Metodología del modelo:

El modelo para el área de estudio fue construido con un algoritmo simplificado que se tomó de Mitchell, *et al.*, (2001) para explicar el balance hídrico de la cuenca urbana de Chapalita, teniendo como base las principales entradas-salidas y los procesos de acumulación del sistema, a cada uno, se le asignó un color en función de la clasificación de la huella hídrica (ver AgroDer, 2012), se consideró la fuente de procedencia del agua y se clasificó según el tipo con los colores: azul, verde y gris que se explican a continuación:

El agua azul representa el agua superficial y subterránea, esta huella hídrica se refiere al consumo de agua de dichas fuentes dentro de una cuenca, si el agua utilizada regresa intacta al lugar donde se tomó en un tiempo breve no cuenta en la huella hídrica. El agua verde es el agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad, siempre y cuando no se convierta en escorrentía. El agua gris es el agua contaminada en un proceso, representa la cantidad de agua dulce requerida para asimilar la carga de contaminantes. La suma de estos tres tipos de agua será la huella hídrica de Chapalita (AgroDer, 2012).

La herramienta que se utilizó para desarrollar el algoritmo (ecuación 1) para el cálculo del balance hídrico fue Office Excel. Esto permitió conocer cada uno de los componentes del ciclo hidrológico

urbano y describir el proceso de gestión de las aguas urbanas que lleva a cabo en la actualidad la asociación civil Residentes de Chapalita A.C (figura 31).

$$\text{Ecuación General del Balance Hídrico: } P + Ex = Ev + Rs + Rw + \Delta S$$

Ecuación (1)

Donde:

P= Precipitación

Ex= Extracciones de agua

Ev= evapotranspiración

Rs= escorrentía del agua pluvial

Rw = descarga de aguas residuales

ΔS = cambio en el almacenamiento

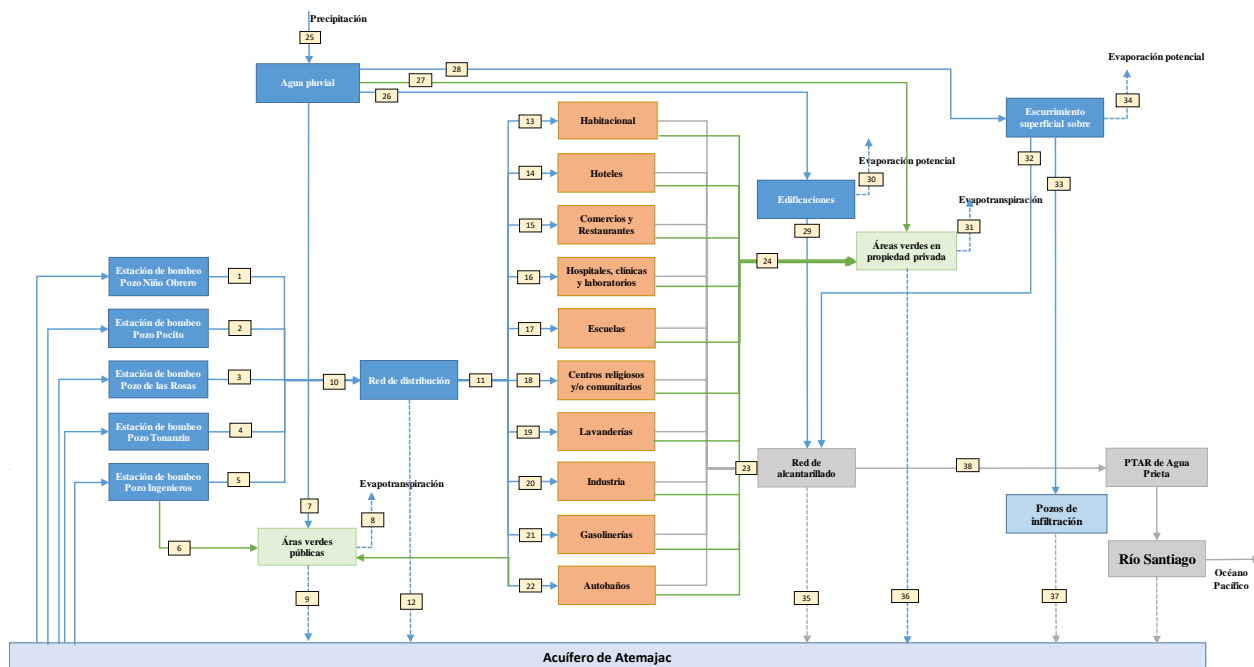


Figura 31. Modelo de balance hídrico de la cuenca urbana de la colonia Chapalita.

Fuente: Elaboración propia.

El modelado del balance hídrico de una cuenca urbana es de gran complejidad, por ello, se tomó como marco de referencia las escalas espaciales aportadas por Mitchell *et al.* (2001),

1. El bloque de unidad; 2. El clúster y 3. La cuenca:

1. El bloque de unidad representa la escala más pequeña como el lote o predio para determinar el total de agua suministrada, así como el uso del agua pluvial y residual para conocer su efecto acumulativo que se detallará en el capítulo 7 (tabla 7).
2. El clúster representa un grupo de bloques de unidad que forman un barrio como las manzanas, calles pavimentadas, banquetas, áreas verdes (espacio público), en esta investigación se incluye la hidráulica de pozos, la red de abastecimiento y el cálculo de las pérdidas físicas (fugas) en la red en función de la relación agua facturada-agua producida para obtener la eficiencia operativa de la red, las pérdidas en edificaciones se obtuvieron restando al agua facturada el agua de

consumida por los habitantes y el resultado se dividió entre la producción de agua potable.

El modelado de la red con el software Epanet con los coeficientes de fricción de Hazen Williams y los parámetros operativos proporcionados por el jefe de mantenimiento representa la caracterización del patrón del aumento de la huella hídrica con la recreación del escenario de la situación actual y futura. Las fugas en el alcantarillado se tomaron como aporte el 80% de la dotación del agua potable de la comunidad. Con esos datos, se representa la escala espacial para determinar el total de agua suministrada, la situación actual de los pozos, la eliminación de aguas pluviales y residuales que se detallará en el capítulo 7 (tabla 7).

3. La cuenca (en esta investigación se tomó la microcuenca) representa el conglomerado, la unidad de planificación de recursos hídricos que se detallará en el capítulo 7 (tabla 7).

5.1. Diseño de instrumentos y métodos de obtención de información

Con base en lo anterior, las técnicas seleccionadas para recolectar información son 4: a) La investigación documental b) Análisis con Sistemas de Información Geográfica; c) La entrevista no estructurada; d) El cuestionario que se explican a continuación:

5.1.1. La investigación documental

La investigación documental, tiene como objetivo, indagar sobre los antecedentes, históricos de la ZMG y de la colonia Chapalita, el análisis documentos como el DOF, la disponibilidad media anual del acuífero de Atemajac y los planes parciales municipales (figuras 30 y 31 y tabla 7).

5.1.2. Análisis con Sistemas de Información Geográfica y modelado hidráulico

El objetivo de esta actividad es analizar el territorio con la utilización del software ArcGIS, para digitalizar mapas como: 1. La zonificación primaria; 2. El cambio del uso de suelo; 3. La morfología urbana; 4. La densidad y el tipo de unidades económicas (DENUE Y SCIAN México), 5. Análisis de la hidrología superficial de la cuenca del río San Juan de Dios y la construcción del mapa de la red hidrográfica localizada en el Valle de Atemajac en su estado original, previo a la urbanización y expansión del territorio de la ZMG, se realizó mediante un modelo digital de terreno y con la información hidrográfica (figuras 30 y 31 y tabla 7). También se analizará el funcionamiento de la red de abastecimiento con el modelado hidráulico con el software Epanet.

5.1.3. Diseño de cuestionario

El objetivo de esta actividad es obtener datos de la infraestructura de la colonia, usos del agua, la gestión del agua pluvial y residual en la vivienda y la colonia (anexo 1) (figuras 30 y 31 y tabla 7).

5.1.4. Entrevista

El objetivo de esta actividad es obtener información de la colonia a través de entrevistas no estructuradas con: el gerente de Residentes de Chapalita A.C., el Ing. Nicolás Díaz Infante, el jefe de mantenimiento y personal que labora en RCH. Los volúmenes concesionados al organismo operador se obtuvieron de una fuente confidencial y de la CONAGUA. Se recurrió a expertos del SIAPA como los Ingenieros Carlos Aguirre y Margarita Castrillo de la Peña, se les preguntó por la forma en la que opera la red de abastecimiento, los factores del medio físico que afectan en la aducción y distribución del agua, se abordó el tema de las pérdidas por fugas en la red de abastecimiento por el cumplimiento de la vida útil de la infraestructura (ver Anexos 2, 3 y 4).

6. ANÁLISIS DEL CASO

En el capítulo anterior, se planteó la construcción del modelo de la gestión urbana actual del agua, a modo de balance hídrico concebido como un sistema urbano complejo, este análisis territorial permite investigar la evolución y situación actual de los recursos hídricos que gestiona la asociación civil Residentes de Chapalita A.C, se divide dos:

1. Clúster: entorno urbano que abarca desde los antecedentes de la gestión del agua en la colonia Chapalita, aspectos sociodemográficos y crecimiento de la población y cambios en el uso de suelo;
2. Clúster: infraestructura para la gestión del agua, abarca desde las fuentes de abastecimiento, el crecimiento de la demanda, gestión de las aguas pluviales, gestión de las aguas residuales y riesgos hídricos.

A continuación, se presenta la información enlistada anteriormente:

6.1. Antecedentes de la gestión del agua en la colonia Chapalita

El 21 de febrero de 1943, se inició la urbanización de Chapalita tras conseguirse la aprobación de Obras Públicas de Guadalajara, la avenida Guadalupe fue la primera vialidad que se trazó de la colonia, por su proximidad con la ciudad, su trazo se basó en el proyecto de la carretera a Morelia (avenida López Mateos), porque, sería una de las principales avenidas de Guadalajara. Esa fue la primera urbanización de hacia el poniente y la ruptura con los barrios del centro (Gómez Sustaita, 2003).

El concepto original del fraccionamiento era campestre para granjas, por lo tanto, los primeros lotes que se vendieron eran de 5,000 a 20,000 m², años más tarde la tendencia de uso de suelo en la zona periurbana de la ciudad se fue orientando al establecimiento de vivienda urbana, por lo que, el 6 de junio de 1945, se solicitó al Ayuntamiento de Guadalajara el cambio de uso de suelo de campestre a urbano. Chapalita se urbanizó en cuatro secciones por etapas, su emplazamiento quedó en medio de los municipios de Guadalajara y Zapopan, teniendo como eje divisorio la avenida de Las Rosas (Gómez Sustaita, 2003).

El fraccionador (José Aguilar Figueroa) pagaba tres mil pesos mensuales a la compañía eléctrica Chapala por el suministro eléctrico para extraer agua mediante unidades de bombeo, pero, en 1953, al constituirse el consejo directivo Residentes de Chapalita A.C. (en adelante RCH) (figura 32), sus residentes debían hacerse cargo de la administración, o pagar por su operación una cuota mensual de diez pesos por cada toma de agua al fraccionador que proporcionó los equipos de bombeo para el suministro de agua de 1959 a 1961 (Gómez Sustaita, 2003). Desde su constitución la asociación civil diseñó sus estatutos (anexo 5) en él se incluye un reglamento, ornato y ecología.

En 1953, se habían urbanizado en Chapalita 800,000 metros cuadrados y existían 315 casas con unas 300 familias y por su lejanía, los municipios de Guadalajara y Zapopan no podían dotarla de servicios, como el alcantarillado, la colonia requería conectarse al drenaje urbano porque las dos fosas sépticas con capacidad de 100 m³ eran insuficientes, fue hasta

los años 60's que la colonia fue conectada a la red del drenaje urbano al construirse el Colector de la Calzada de la Victoria, que cruzaba la Colonia del Fresno y Jardines del Bosque. La colonia consolidó su segunda etapa de urbanización y dotación de infraestructura en 1964 (Gómez Sustaita, 2003, 2014).

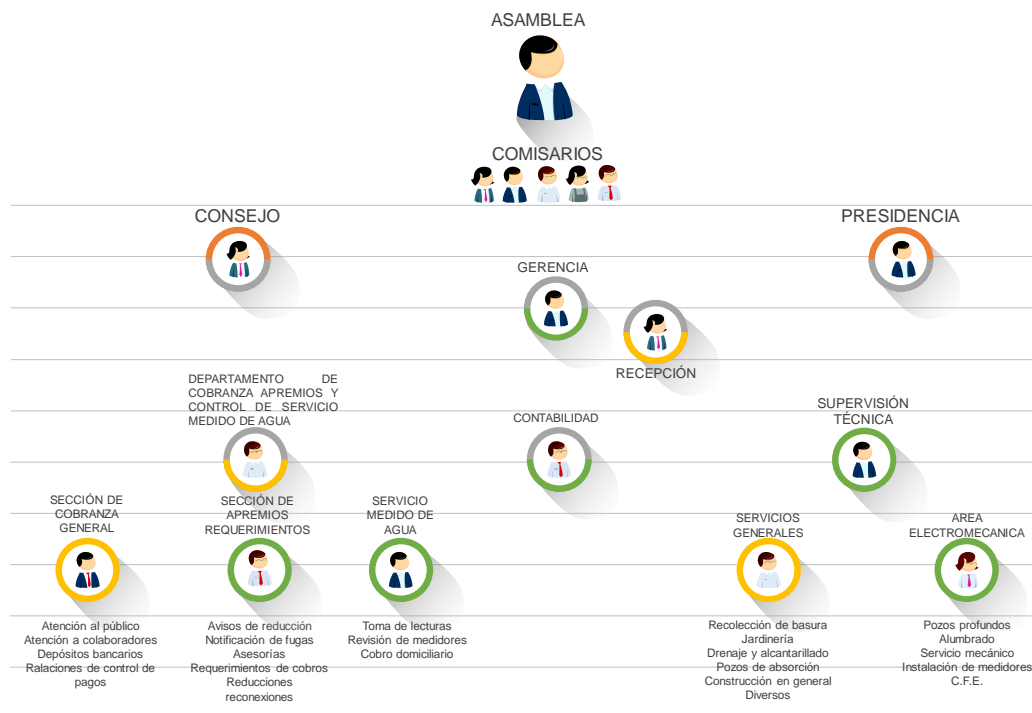


Figura 32. Organigrama Residentes de Chapalita A.C.

Fuente: Elaboración propia con base en Sustaita (2003)

En 1965, el gobernador Lic. Francisco Medina Ascencio promovió la construcción del colector subterráneo de gran capacidad sobre el lado oriente de la avenida López Mateos. Esta obra permitiría interconectar todos sus drenajes a este colector, ya que, Chapalita continuaba con su urbanización con la venta de 57 predios (20 de 200-213 m²) (Gómez Sustaita, 2003).

Por el proceso de urbanización acelerado se decidió terminar las obras de infraestructura para dotar de servicios básicos las zonas lejanas de la ciudad, se construyó el colector interceptor de la cuenca del río San Juan de Dios que drena el área entre la Av. López Mateos, la Av. Lázaro Cárdenas y la Glorieta del Sol, para aliviar los escurrimientos al oriente, también se construyeron los subcolectores Tepeyac, y Guadalupe junto con las obras de urbanización de la Colonia Chapalita (Martínez, 1977).

De acuerdo con datos proporcionados por Díaz (2016) durante 1980-2010 se dieron los siguientes sucesos en la colonia: en 1980, se inicia la instalación de pozos de absorción; en agosto de 1988, comenzó a operar el sistema de riego por aspersión en camellones, glorietas y jardines; en 1991, se realizó el estudio de agua potable para la colonia y se aprobó el 19 de septiembre el Plan Parcial de Desarrollo de Chapalita; durante 1993 a 1997, se realizó la

construcción de varios pozos de absorción; en 1998, gracias al Programa de Instalación de Medidores en todas las casas-habitación y comercios de la colonia se logró optimizar el abasto y el uso del agua; en 2006, se instaló el sistema de telemetría de pozos profundos; en 2007, actualizó la asociación el marco jurídico para reforzar los usos del suelo; en 2008, instalan la estación meteorológica de Chapalita.

El sistema de telemetría de Chapalita permite el monitoreo y control remoto de los equipos de bombeo por radio transmisión a través de torres, mástiles, radios, pantallas especiales y un software. Se pretende realizar la micromedición para cuantificar y controlar el agua que se entrega a los usuarios, también se buscará monitorear las válvulas a control remoto y se realizarán obras que mejoren la red, accesorios de conducción y distribución (Gómez Sustaita, 2014).

6.2. Aspectos sociodemográficos y Crecimiento de la Población

Aspectos sociodemográficos

El crecimiento natural y los movimientos de redistribución interna de la población intervienen en la configuración del actual escenario demográfico de la ZMG que durante 1980 al 2015 aumentó su población al pasar de 2'371,278 a 4'865,122 de habitantes y su superficie urbana se expandió de 22,329 ha a 69,250 ha de 1980 al 2015, el incremento es del 210% (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2017).

De acuerdo con la hipótesis de crecimiento a largo plazo en dos de los municipios principales de la ZMG el escenario poblacional para el 2045 es el siguiente: en el municipio de Guadalajara será necesario albergar entre 359,958 y 527,247 nuevos habitantes (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2018). En el municipio de Zapopan, en el Distrito Urbano ZPN-5 “Vallarta-Patria” se proyectó un aumento de 193,081 nuevos habitantes y en el Distrito Urbano ZPN-6 “Las Águilas” se proyectó un aumento de 182,305 nuevos habitantes (Gobierno Municipal de Zapopan, 2016).

Crecimiento de la población en Chapalita

En comunicación personal con el jefe de mantenimiento (2016), dijo “necesitamos un censo, porque, no sabemos cuántas personas hay, con el paso de los años ha muerto mucha gente, hay emigración, casas abandonadas y muchos comercios”.

Por lo anterior, se calculó la población en la colonia Chapalita de los años 2000-2010, la tasa de crecimiento y se proyectó la población para tener un estimado del flujo de personas en la colonia, para hacer el cálculo se utilizaron los planos digitales donde se incluyen los límites establecidos por RCH (2016), dado que, en el plan parcial del Distrito 2 Minerva del Subdistrito 8 Chapalita, se incluye en la población total, la colonia Campo de Polo y áreas que están fuera de la jurisdicción de la asociación civil Residentes de Chapalita A.C. (RCH), con esta aclaración, a continuación, se presentan los resultados según la clasificación de la población fija y flotante:

Población fija

De acuerdo con los censos de población y vivienda por AGEB del INEGI y datos del Consejo estatal de población Jalisco, en la colonia Chapalita se contabilizaron 11, en el municipio de Guadalajara hay 5 AGEB: 1753, 1768, 3317, 3321 y 5652, en el municipio de Zapopan hay 6 AGEB: 547, 636, 1282, 4361, 4376 y 4732 (figura 33), una vez identificadas, se calculó que en el año 2000 la colonia Chapalita tenía 8,007 habitantes y en el año 2010 se calcularon 9,052 habitantes (tablas 8 y 9), para obtener la tasa de crecimiento y proyectar la población se utilizó el algoritmo:

Definición de la ecuación: Razón a la cual crece en promedio anualmente una población por cada 100 habitantes. Se trata de un indicador resumen, pues en él se concentran los efectos de los principales componentes de la dinámica demográfica, como son nacimientos, defunciones y migración (INEGI, 2017).

$$r = \left[\left(\frac{P_x}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] * 100$$

Ecuación (2)

Donde:

r = Tasa de crecimiento

Px = Población en el año x (final)

P0 = Población en el año 0 (inicial)

t = Tiempo transcurrido entre el momento de referencia de la población inicial y la población final.

Tabla 8

Población de Chapalita año 2000

Clave_AGEB	Localidad	AGEB	Pob_Total	Pob_Chapalita
Guadalajara				
140390001175-3	140390001	175-3	3,145.00	1,975.00
140390001176-8	140390001	176-8	3,149.00	642.00
140390001331-7	140390001	331-7	4,072.00	2,610.00
140390001332-1	140390001	332-1	1,231.00	617.00
140390001154-1 ¹	140390001	154-1	4,501.00	1,440.00
Total			16,098.00	7,284.00
Zapopan				
141200001054-7	141200001	054-7	215.00	107.00
141200001063-6	141200001	063-6	8.00	8.00
141200001128-2	141200001	128-2	4,423.00	124.00
141200001436-1	141200001	436-1	2,611.00	131.00
141200001437-6	141200001	437-6	1,665.00	142.00
141200001473-2	141200001	473-2	2,742.00	211.00
Total			1,664.00	723.00
Gran Total			27,762.00	8,007.00

Fuente: Cálculo realizado con datos del INEGI, Censos Generales de Población y Vivienda (2000) y planos digitales de RCH (2016).

¹ La AGEB 154-1, en el censo 2010 se dividió en dos aparece como AGEB 5648 y AGEB 5652, Chapalita pertenece a esta última.

Tabla 9

Población de Chapalita año 2010²

AGEB	Pob_Total	Pob_Chapalita
Guadalajara		
1753	2,625.00	1,415.00
1768	2,675.00	270.00
3317	3,446.00	2,283.00
3321	1,041.00	521.00
5652	2,599.00	1,300.00
Total	12,386.00	5,789.00
Zapopan		
547	3,295.00	1,648.00
636	1,679.00	1,091.00
1282	3,821.00	92.00
4361	2,100.00	90.00
4376	1,348.00	115.00
4732	2,238.00	227.00
Total	14,481.00	3,263.00
Gran Total	26,867.00	9,052.00

Fuente: Cálculo realizado con datos del INEGI, Censos Generales de Población y Vivienda (2010) y planos digitales de RCH (2016).

La tasa de crecimiento calculada fue de 1.23% (tabla 10). Para proyectar la población total de Chapalita, se tomó como base 9,052 habitantes x 1.23= 11,134 habitantes, a este cálculo, se le aplicó el factor de ocupación de vivienda que de acuerdo con el inventario nacional de viviendas en la colonia hay 3,117 viviendas (incluye multifamiliares) de las cuales 315 están deshabitadas, esto da un porcentaje de ocupación del 89.89%. En concordancia con lo anterior, la población fija que se calculó es de 10,008 habitantes con un promedio hacinamiento de 2.7 a 3.8 personas (figura 33).

Tabla 10

Cálculo de la tasa de crecimiento (ver fórmula 1)

$r = [(9,052 / 8,007)^{1/10} - 1] * 100$
$r = [(1.130510803)^{0.1} - 1] * 100$
$r = 1.012342505 - 1$
$r = 0.01234250458 * 100$
$r = 1.23$

Fuente: Elaboración propia

La población por municipio se divide de la siguiente manera: para el municipio de Guadalajara se calcularon 6,471 habitantes (64.65%) y para el municipio de Zapopan se calcularon 3,537 habitantes (35.35%) (figura 34).

² Se incluyó en la población, la gente que vive en los condominios y las torres de renta de departamentos, esta información se obtuvo del DENUE.

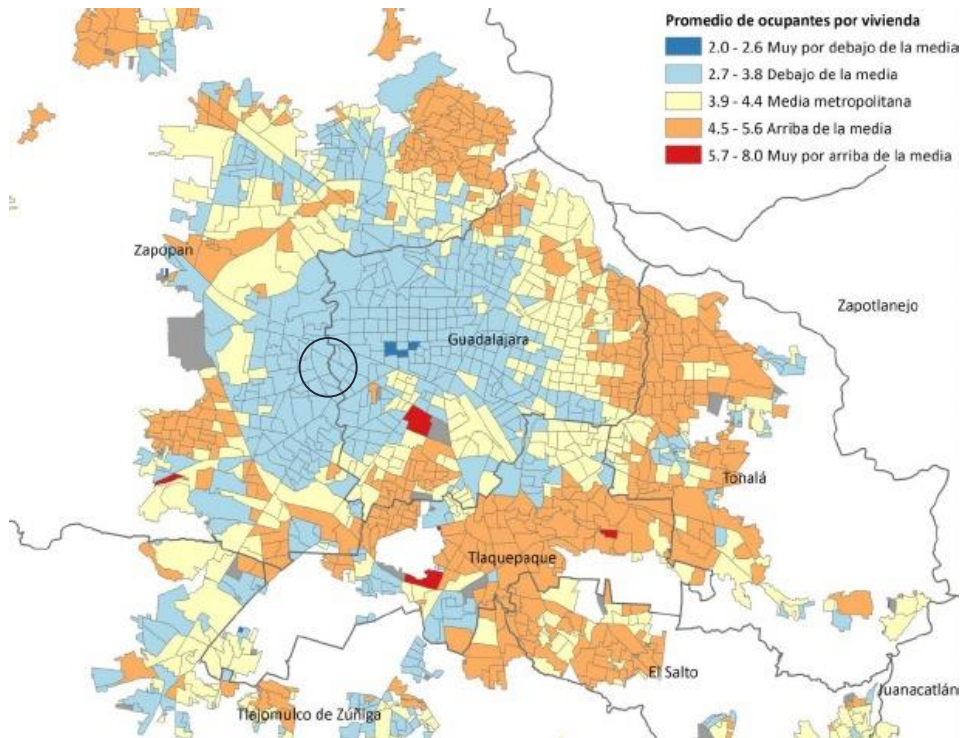


Figura 33. Promedio de ocupantes por vivienda.
Fuente: Gobierno Municipal de Guadalajara (2017).

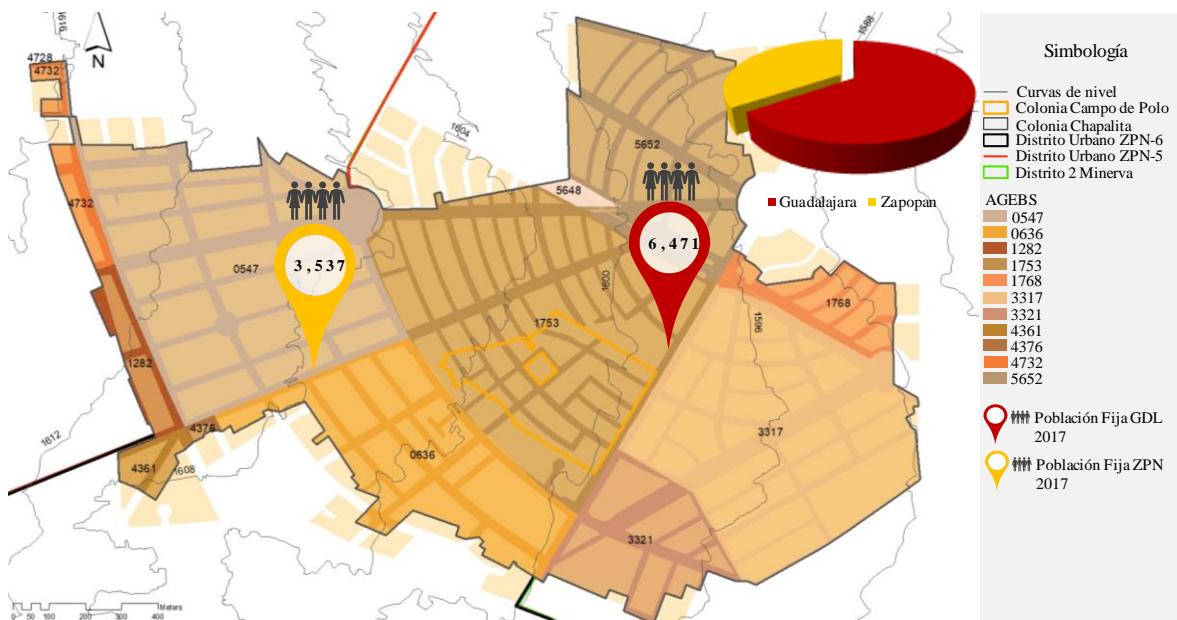


Figura 34. Localización de las AGEBS y población fija Chapalita.

Fuente: Elaboración propia con datos vectoriales del INEGI (2000-2010) y planos digitales de RCH (2016).

Población flotante

Para obtener esta información, se actualizó el uso de suelo, la morfología urbana, utilizando como base los planes parciales del Distrito 2 Minerva del municipio de Guadalajara y los planes parciales de los Distritos Urbanos ZPN-5 “Vallarta-Patria”/Subdistrito urbano ZPN5-13 y ZPN-6 “Las Águilas”/Subdistrito urbano ZPN06-04 del municipio de Zapopan, los datos obtenidos se confrontaron con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) y el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México SCIAN³ elaborado por el INEGI.

En la colonia Chapalita se identificaron actividades secundarias y terciarias de acuerdo con el ordenamiento de los sectores del SCIAN México que se presentan en la tabla 11. Con los datos obtenidos del DENUE 2017 y el SCIAN (tabla 12), se contabilizaron 1,131 unidades económicas en la colonia, cuya distribución espacial se presentan en la figura 35, de estas unidades 884 son microempresas, 167 son pequeñas, 53 son medianas y 27 son grandes empresas (tabla 13), con ese conteo se determinó que la población flotante total que puede albergar la colonia es de 17,385 personas.

Tabla 11

Ordenamiento de los sectores del SCIAN México

Agrupación tradicional	Característica general de los sectores		Sector	Criterios de orden
Actividades secundarias	Transformación de bienes	21	Minería	Los insumos de este grupo de actividades pueden provenir de las actividades primarias, o de este mismo grupo, y sus productos se destinan a todos los sectores. Tradicionalmente, estos cuatro sectores se han llamado "la industria" (en contraposición al "comercio", "los servicios" y "las actividades primarias"). El sector 21 se sitúa al principio de este grupo porque combina tanto actividades de extracción, parecidas a las actividades primarias, como de transformación. Los sectores 22 y 23 se ubican enseguida porque ambos son grandes usuarios de los recursos naturales; el 23 se halla más cercano al 31-33 porque otra gran parte de sus insumos proviene de las manufacturas.
		22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	
		23	Industrias manufactureras	
		31-33	Construcción	
Actividades terciarias	Distribución de bienes	43	Comercio al por mayor	Estos sectores efectúan las actividades de distribución de los bienes que se produjeron en los grupos de actividades primarias y secundarias (así como el traslado de personas). En particular, el comercio se sitúa inmediatamente después de las manufacturas por la directa e intensa interacción entre ellos.
		46	Comercio al por menor	
		48-49	Transportes, correos y almacenamiento	

³ Ver clasificación en:

http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/metodologias/SCIAN/SCI AN2013/Sint_SCIAN.pdf

Continúa tabla 11

Agrupación tradicional	Característica general de los sectores		Sector	Criterios de orden
	Operaciones con información	51	Información en medios masivos	Por la creciente importancia de la información para los negocios y los individuos, el sector se sitúa inmediatamente después de los servicios de distribución y antes del resto de los servicios.
	Operaciones con activos	52	Servicios financieros y de seguros	Los sectores 52 y 53 están contiguos porque sus actividades consisten en invertir activos (dinero y bienes), de los que se obtienen beneficios al ponerlos a disposición del cliente, sin que éste se convierta en propietario de dichos activos. La importancia económica de los servicios financieros sitúa al grupo entre los primeros lugares de las actividades terciarias.
		53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	
Actividades terciarias	Servicios cuyo insumo principal es el conocimiento y la experiencia del personal	54	Servicios profesionales, científicos y técnicos	Los sectores 54, 55 y 56 se dirigen principalmente a los negocios y tienen un impacto económico en ellos. En su mayoría se trata de actividades especializadas que tradicionalmente eran efectuadas por los mismos negocios y que hoy son adquiridas por éstos como un servicio más. Su importancia económica ha ido creciendo, y por ello se constituyeron en sectores.
		55	Corporativos	
		56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	
		61	Servicios educativos	
		62	Servicios de salud y de asistencia social	Los sectores 61 y 62, como en el grupo anterior, también comprenden actividades que requieren conocimientos y especialización por parte del personal, y que se dirigen principalmente a las personas. Su impacto es más bien social, ya que repercuten en el nivel educativo y la salud de las personas.
		71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	
		72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	
	Servicios residuales	81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales	Por ser un sector residual de los servicios (con excepción de las actividades legislativas, gubernamentales y de impartición de justicia), se sitúa al final del grupo de los que pueden ser prestados indistintamente por el sector público o por el privado.
	Actividades gubernamentales	93	Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	Este sector se ubicó al final por su carácter normativo o regulador de todas las actividades que le anteceden.

Fuente: INEGI (2013).

Tabla 12

Comercios en Chapalita con clasificación SCIAN México

ID SCIAN	Clasificación	Total
21	Minería ^T	
213	Servicios relacionados con la minería ^T	
213119	Otros servicios relacionados con la minería (2)	2
22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final ^T	
222	Suministro de agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	
222111	Captación, tratamiento y suministro de agua realizados por el sector público (Pozo del SIAPA)	1
222112	Captación, tratamiento y suministro de agua realizados por el sector privado (5 pozos de RCH)	5
23	Construcción	
237213	Supervisión de división de terrenos y de construcción de obras de urbanización (1)	1
236	Edificación ^T	
236111	Edificación de vivienda unifamiliar (3)	3
236211	Edificación de naves y plantas industriales, excepto la supervisión (2)	2
236221	Edificación de inmuebles comerciales y de servicios, excepto la supervisión (5)	5
237	Construcción de obras de ingeniería civil ^T	
237111	Construcción de obras para el tratamiento, distribución y suministro de agua y drenaje (1)	1
238	Trabajos especializados para la construcción ^T	
237212	Construcción de obras de urbanización (2)	2
237312	Construcción de carreteras, puentes y similares (3)	3
23799	Otras construcciones de ingeniería civil (1)	1
238	Trabajos especializados para la construcción ^T	
238221	Instalaciones hidrosanitarias y de gas (1)	1
238910	Preparación de terrenos para la construcción (1)	1
31-33	Industrias manufactureras	
311	Industria alimentaria	
311520	Elaboración de helados y paletas ^T (3)	3
311812	Panificación tradicional (13)	13
3119	Otras industrias alimentarias ^T	
311999	Elaboración de otros alimentos (1)	1
314	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir ^T	
314120	Confección de cortinas, blancos y similares (1)	1
314991	Confección, bordado y deshilado de productos textiles (1)	1
315	Fabricación de prendas de vestir ^T	
315229	Confección en serie de otra ropa exterior de materiales textiles (1)	1
323	Impresión e industrias conexas ^T	
323119	Impresión de formas continuas y otros impresos (4)	4
325	Industria química ^T	
3251	Fabricación de productos químicos básicos ^T	
325190	Fabricación de otros productos químicos básicos orgánicos (1)	1
3254	Fabricación de productos farmacéuticos	

Continúa tabla 12

ID SCIAN	Clasificación	Total
325412	Fabricación de preparaciones farmacéuticas ^T (2)	2
3256	Fabricación de jabones, limpiadores y preparaciones de tocador	
325620	Fabricación de cosméticos, perfumes y otras preparaciones de tocador ^T (1)	1
326	Industria del plástico y del hule ^T	
326120	Fabricación de tubería y conexiones, y tubos para embalaje ^T (1)	1
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	
3271	Fabricación de productos a base de arcillas y minerales refractarios ^T (1)	1
327111	Fabricación de artículos de alfarería, porcelana y loza ^T (1)	1
327991	Fabricación de productos a base de piedras de cantera (1)	1
332	Fabricación de productos metálicos ^T	
332310	Fabricación de estructuras metálicas (2)	2
334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos ^T	
334410	Fabricación de componentes electrónicos ^T (1)	1
3345	Fabricación de instrumentos de medición, control, navegación, y equipo médico electrónico	
334519	Fabricación de otros instrumentos de medición, control, navegación, y equipo médico electrónico ^T (1)	1
337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	
337110	Fabricación de cocinas integrales y muebles modulares de baño ^T	
337120	Fabricación de muebles, excepto cocinas integrales, muebles modulares de baño y muebles de oficina y estantería (1)	1
339	Otras industrias manufactureras ^T	
339930	Fabricación de juguetes (1)	1
43	Comercio al por mayor ^T	
431150	Comercio al por mayor de semillas y granos alimenticios, especias y chiles secos (1)	1
431212	Comercio al por mayor de vinos y licores (1)	1
431220	Comercio al por mayor de cigarros, puros y tabaco (1)	1
432111	Comercio al por mayor de fibras, hilos y telas (2)	2
432120	Comercio al por mayor de ropa, bisutería y accesorios de vestir (4)	4
432130	Comercio al por mayor de calzado (1)	1
433	Comercio al por mayor de productos farmacéuticos, de perfumería, artículos para el esparcimiento, electrodomésticos menores y aparatos de línea blanca	
433110	Comercio al por mayor de productos farmacéuticos (6)	6
433210	Comercio al por mayor de artículos de perfumería y cosméticos (3)	3
433313	Comercio al por mayor de artículos y aparatos deportivos (2)	2
433410	Comercio al por mayor de artículos de papelería (1)	1
433420	Comercio al por mayor de libros (1)	1
434	Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales, para la industria, y materiales de desecho	
434211	Comercio al por mayor de cemento, tabique y grava (1)	1
434219	Comercio al por mayor de otros materiales para la construcción, excepto de madera y metálicos (1)	1
434225	Comercio al por mayor de equipo y material eléctrico (8)	8
434226	Comercio al por mayor de pintura (5)	5

Continúa tabla 12

ID SCIAN	Clasificación	Total
435	Comercio al por mayor de maquinaria, equipo y mobiliario para actividades agropecuarias, industriales, de servicios y comerciales, y de otra maquinaria y equipo de uso general	
435110	Comercio al por mayor de maquinaria y equipo agropecuario, forestal y para la pesca (1)	1
43522	Comercio al por mayor de maquinaria y equipo para la industria manufacturera (1)	1
435311	Comercio al por mayor de equipo de telecomunicaciones, fotografía y cinematografía (4)	4
435312	Comercio al por mayor de artículos y accesorios para diseño y pintura artística (1)	1
435313	Comercio al por mayor de mobiliario, equipo e instrumental médico y de laboratorio (4)	4
435319	Comercio al por mayor de maquinaria y equipo para otros servicios y para actividades comerciales (2)	2
435411	Comercio al por mayor de mobiliario, equipo, y accesorios de cómputo (4)	4
435419	Comercio al por mayor de otra maquinaria y equipo de uso general (7)	7
46	Comercio al por menor ^T	
461110	Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas (15)	15
461121	Comercio al por menor de carnes rojas (9)	9
461122	Comercio al por menor de carne de aves (1)	1
461130	Comercio al por menor de frutas y verduras frescas (1)	1
461150	Comercio al por menor de leche, otros productos lácteos y embutidos (2)	2
461160	Comercio al por menor de dulces y materias primas para repostería (2)	2
461170	Comercio al por menor de paletas de hielo y helados (6)	6
461190	Comercio al por menor de otros alimentos (9)	9
461211	Comercio al por menor de vinos y licores (3)	3
461212	Comercio al por menor de cerveza (1)	1
461213	Comercio al por menor de bebidas no alcohólicas y hielo (1)	1
462	Comercio al por menor en tiendas de autoservicio y departamentales	
462111	Comercio al por menor en supermercados (4)	4
462112	Comercio al por menor en minisúpers (8)	8
463	Comercio al por menor de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado	
463111	Comercio al por menor de telas (1)	1
463113	Comercio al por menor de artículos de mercería y bonetería (1)	1
463211	Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería (10)	10
463212	Comercio al por menor de ropa de bebé (1)	1
463213	Comercio al por menor de lencería (1)	1
463214	Comercio al por menor de disfraces, vestimenta regional y vestidos de novia (1)	1
463215	Comercio al por menor de bisutería y accesorios de vestir (1)	1
463310	Comercio al por menor de calzado (6)	6
464	Comercio al por menor de artículos para el cuidado de la salud	
464111	Farmacias sin minisúper (2)	2
464112	Farmacias con minisúper (6)	6
464113	Comercio al por menor de productos naturistas, medicamentos homeopáticos y de complementos alimenticios (9)	9
464121	Comercio al por menor de lentes (2)	2
464122	Comercio al por menor de artículos ortopédicos (1)	1

Continúa tabla 12

ID SCIAN	Clasificación	Total
465	Comercio al por menor de artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal	
465111	Comercio al por menor de artículos de perfumería y cosméticos (4)	4
465213	Comercio al por menor de bicicletas (3)	3
465215	Comercio al por menor de artículos y aparatos deportivos (2)	2
465216	Comercio al por menor de instrumentos musicales (1)	1
465311	Comercio al por menor de artículos de papelería (11)	11
465312	Comercio al por menor de libros (2)	2
465313	Comercio al por menor de revistas y periódicos (1)	1
465912	Comercio al por menor de regalos (8)	8
465915	Comercio al por menor en tiendas de artesanías (2)	2
465919	Comercio al por menor de otros artículos de uso personal (3)	3
466111	Comercio al por menor de muebles para el hogar (4)	4
466112	Comercio al por menor de electrodomésticos menores y aparatos de línea blanca (1)	1
466114	Comercio al por menor de cristalería, loza y utensilios de cocina (2)	2
466211	Comercio al por menor de mobiliario, equipo y accesorios de cómputo (4)	4
466212	Comercio al por menor de teléfonos y otros aparatos de comunicación (1)	1
466311	Comercio al por menor de alfombras, cortinas, tapices y similares (2)	2
466312	Comercio al por menor de plantas y flores naturales (6)	6
466313	Comercio al por menor de antigüedades y obras de arte (1)	1
466314	Comercio al por menor de lámparas ornamentales y candiles (1)	1
466319	Comercio al por menor de otros artículos para la decoración de interiores (2)	2
466410	Comercio al por menor de artículos usados (1)	1
467	Comercio al por menor de artículos de ferretería, tlapalería y vidrios	
467111	Comercio al por menor en ferreterías y tlapalerías (6)	6
467113	Comercio al por menor de pintura (4)	4
467115	Comercio al por menor de artículos para la limpieza (3)	3
468	Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes	
468111	Comercio al por menor de automóviles y camionetas nuevos (2)	2
468112	Comercio al por menor de automóviles y camionetas usados (5)	5
468211	Comercio al por menor de partes y refacciones nuevas para automóviles, camionetas y camiones (1)	1
468213	Comercio al por menor de llantas y cámaras para automóviles, camionetas y camiones (1)	1
468411	Comercio al por menor de gasolina y diesel (5)	5
485	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril ^T	
485210	Transporte colectivo foráneo de pasajeros de ruta fija (1)	1
485510	Alquiler de autobuses con chofer (1)	1
488	Servicios relacionados con el transporte ^T	
488519	Otros servicios de intermediación para el transporte de carga (2)	2
491	Servicios postales ^T	
491110	Servicios postales (1)	1
492	Servicios de mensajería y paquetería ^T	

Continúa tabla 12

ID SCIAN	Clasificación	Total
492110	Servicios de mensajería y paquetería foránea (3)	3
51	Información en medios masivos ^T	
511112	Edición de periódicos integrada con la impresión (1)	1
512	Industria filmica y del video, e industria del sonido ^T	
512112	Producción de programas para la televisión (1)	1
512130	Exhibición de películas y otros materiales audiovisuales (1)	1
517	Telecomunicaciones ^T	
517110	Operadores de servicios de telecomunicaciones alámbricas (2)	2
517910	Otros servicios de telecomunicaciones (3)	3
519	Otros servicios de información ^T	
519122	Bibliotecas y archivos del sector público (1)	1
52	Servicios financieros y de seguros ^T	
522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil ^T	
522110	Banca múltiple (16)	16
522440	Compañías de autofinanciamiento (1)	1
522451	Montepíos (1)	1
522452	Casas de empeño (1)	1
522460	Sociedades financieras de objeto múltiple (1)	1
523	Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera ^T	
523122	Centros cambiarios (3)	3
524	Compañías de fianzas, seguros y pensiones ^T	
524110	Compañías de seguros (2)	2
524210	Agentes, ajustadores y gestores de seguros y fianzas (2)	2
524220	Administración de cajas de pensión y de seguros independientes (1)	1
53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles ^T	
531	Servicios inmobiliarios ^T	
531113	Alquiler sin intermediación de salones para fiestas y convenciones (2)	2
531114	Alquiler sin intermediación de oficinas y locales comerciales (4)	4
531119	Alquiler sin intermediación de otros bienes raíces (1)	1
531210	Inmobiliarias y corredores de bienes raíces (8)	8
531311	Servicios de administración de bienes raíces (1)	1
532	Servicios de alquiler de bienes muebles ^T	
532110	Alquiler de automóviles sin chofer (9)	9
532220	Alquiler de prendas de vestir (1)	1
532230	Alquiler de videocasetes y discos (1)	1
532291	Alquiler de mesas, sillas, vajillas y similares (1)	1
533	Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias ^T	
533110	Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias (1)	1
54	Servicios profesionales, científicos y técnicos ^T	
541110	Bufetes jurídicos (20)	20

Continúa tabla 12

ID SCIAN	Clasificación	Total
541120	Notarías públicas (8)	8
541190	Servicios de apoyo para efectuar trámites legales (1)	1
541211	Servicios de contabilidad y auditoría (21)	21
541310	Servicios de arquitectura (9)	9
541330	Servicios de ingeniería (4)	4
54138	Laboratorios de pruebas ^T (2)	2
541410	Diseño y decoración de interiores (1)	1
541420	Diseño industrial (1)	1
541430	Diseño gráfico (5)	5
541510	Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados (5)	5
541610	Servicios de consultoría en administración (8)	8
541690	Otros servicios de consultoría científica y técnica (2)	2
541810	Agencias de publicidad (4)	4
541830	Agencias de compra de medios a petición del cliente (1)	1
541840	Agencias de representación de medios (1)	1
541890	Servicios de rotulación y otros servicios de publicidad (1)	1
541910	Servicios de investigación de mercados y encuestas de opinión pública (2)	2
541920	Servicios de fotografía y videograbación (4)	4
541941	Servicios veterinarios para mascotas prestados por el sector privado (4)	4
541990	Otros servicios profesionales, científicos y técnicos (1)	1
55	Corporativos ^T	
551111	Corporativos (1)	1
56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación ^T	
561110	Servicios de administración de negocios (11)	11
561310	Agencias de colocación (7)	7
561330	Suministro de personal permanente (2)	2
561422	Servicios de recepción de llamadas telefónicas y promoción por teléfono (3)	3
561440	Agencias de cobranza (1)	1
561510	Agencias de viajes (12)	12
56152	Organización de excursiones y paquetes turísticos para agencias de viajes ^T (3)	3
561590	Otros servicios de reservaciones (1)	1
561610	Servicios de investigación y de protección y custodia, excepto mediante monitoreo (3)	3
561620	Servicios de protección y custodia mediante el monitoreo de sistemas de seguridad (5)	5
561710	Servicios de control y exterminación de plagas (1)	1
561990	Otros servicios de apoyo a los negocios (3)	3
61	Servicios educativos ^T	
611	Servicios educativos ^T	
611111	Escuelas de educación preescolar del sector privado (6)	6
611121	Escuelas de educación primaria del sector privado (2)	2
611131	Escuelas de educación secundaria general del sector privado (1)	1

Continúa tabla 12

ID SCIAN	Clasificación	Total
611161	Escuelas de educación media superior del sector privado (1)	1
611171	Escuelas del sector privado que combinan diversos niveles de educación (11)	11
611311	Escuelas de educación superior del sector privado (2)	2
611511	Escuelas del sector privado dedicadas a la enseñanza de oficios (3)	3
611611	Escuelas de arte del sector privado (3)	3
611621	Escuelas de deporte del sector privado (2)	2
611631	Escuelas de idiomas del sector privado (2)	2
611698	Otros servicios educativos proporcionados por el sector privado (5)	5
62	Servicios de salud y de asistencia social ^T	
621	Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados ^T	
621111	Consultorios de medicina general del sector privado (15)	15
621113	Consultorios de medicina especializada del sector privado (85)	85
621115	Clínicas de consultorios médicos del sector privado (2)	2
621211	Consultorios dentales del sector privado (40)	40
621331	Consultorios de psicología del sector privado (8)	8
621341	Consultorios del sector privado de audiología y de terapia ocupacional, física y del lenguaje (4)	4
621391	Consultorios de nutriólogos y dietistas del sector privado (3)	3
621398	Otros consultorios del sector privado para el cuidado de la salud (7)	7
621411	Centros de planificación familiar del sector privado (1)	1
621491	Otros centros del sector privado para la atención de pacientes que no requieren hospitalización (1)	1
621511	Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado (16)	16
622	Hospitales ^T	
622111	Hospitales generales del sector privado (1)	1
622311	Hospitales del sector privado de otras especialidades médicas (1)	1
624	Otros servicios de asistencia social ^T	
624191	Agrupaciones de autoayuda para alcohólicos y personas con otras adicciones (2)	2
624211	Servicios de alimentación comunitarios prestados por el sector privado (1)	1
624411	Guarderías del sector privado (7)	7
71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos ^T	
711	Servicios artísticos, culturales y deportivos, y otros servicios relacionados ^T	
711311	Promotores del sector privado de espectáculos artísticos, culturales, deportivos y similares que cuentan con instalaciones para presentarlos (1)	1
711312	Promotores del sector público de espectáculos artísticos, culturales, deportivos y similares que cuentan con instalaciones para presentarlos (1)	1
711320	Promotores de espectáculos artísticos, culturales, deportivos y similares que no cuentan con instalaciones para presentarlos (1)	1
711410	Agentes y representantes de artistas, deportistas y similares (1)	1
711510	Artistas, escritores y técnicos independientes (2)	2
713	Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos ^T	
713291	Venta de billetes de lotería, pronósticos deportivos y otros boletos de sorteo (3)	3
713943	Centros de acondicionamiento físico del sector privado (6)	6
713998	Otros servicios recreativos prestados por el sector privado (1)	1

Continúa tabla 12

ID SCIAN	Clasificación	Total
72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas ^T	
721111	Hoteles con otros servicios integrados (5)	3
721112	Hoteles sin otros servicios integrados (1)	2
721312	Departamentos y casas amueblados con servicios de hotelería (2)	2
722	Servicios de preparación de alimentos y bebidas ^T	
722320	Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales (1)	1
722411	Centros nocturnos, discotecas y similares (3)	3
722412	Bares, cantinas y similares (1)	1
722511	Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o de comida corrida (82)	82
722512	Restaurantes con servicio de preparación de pescados y mariscos (7)	7
722513	Restaurantes con servicio de preparación de antojitos (7)	7
722514	Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas (23)	23
722515	Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares (29)	29
722516	Restaurantes de autoservicio (5)	5
722517	Restaurantes con servicio de preparación de pizzas, hamburguesas, hot dogs y pollos rostizados para llevar (9)	9
722518	Restaurantes que preparan otro tipo de alimentos para llevar (9)	9
722519	Servicios de preparación de otros alimentos para consumo inmediato (4)	4
81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales ^T	
811111	Reparación mecánica en general de automóviles y camiones (3)	3
811121	Hojalatería y pintura de automóviles y camiones (1)	1
811129	Instalación de cristales y otras reparaciones a la carrocería de automóviles y camiones (1)	1
811192	Lavado y lubricado de automóviles y camiones (2)	2
811199	Otros servicios de reparación y mantenimiento de automóviles y camiones (1)	1
811211	Reparación y mantenimiento de equipo electrónico de uso doméstico (2)	2
811219	Reparación y mantenimiento de otro equipo electrónico y de equipo de precisión (9)	9
811312	Reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo industrial (1)	1
811430	Reparación de calzado y otros artículos de piel y cuero (2)	2
811491	Cerrajerías (3)	3
811499	Reparación y mantenimiento de otros artículos para el hogar y personales (8)	8
812	Servicios personales ^T	
812110	Salones y clínicas de belleza y peluquerías (59)	59
812210	Lavanderías y tintorerías (15)	15
812410	Estacionamientos y pensiones para vehículos automotores (4)	4
812990	Otros servicios personales (1)	1
813	Asociaciones y organizaciones ^T	
813110	Asociaciones, organizaciones y cámaras de productores, comerciantes y prestadores de servicios (3)	3
813120	Asociaciones y organizaciones laborales y sindicales (1)	1
813210	Asociaciones y organizaciones religiosas (16)	16
813230	Asociaciones y organizaciones civiles (10)	10
93	Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales ^T	

Continúa tabla 12





ID SCIAN	Clasificación	Total
931	Actividades legislativas, gubernamentales y de impartición de justicia	
931210	Administración pública en general (1)	1
Gran total		1,131

Fuente: Elaboración propia con la versión 2013 del SCIAN, INEGI (2013).

Tabla 13

Tamaño de empresas Chapalita

Según el número de trabajadores que tienen, los comercios o establecimientos se clasifican en micro, pequeños, medianos y grandes.

			
1 a 10 trabajadores	11 a 30 trabajadores	31 a 100 trabajadores	101 o más trabajadores
0 a 5= 720	11 a 30 = 167	31 a 50= 32	101 a 250= 17
6 a 10=164		51 a 100= 21	251 y más= 10
Total 884 microempresas	Total 167 pequeñas empresas	Total 53 medianas empresas	Total 27 grandes empresas
Gran total 1,131			

Fuente: DENUE (2017) y Gobierno Municipal de Zapopan (2016).

En el municipio de Guadalajara se calculó la población flotante por AGEB que se distribuye de la siguiente manera: en la 1753 hay un total de 3,467 personas, en la 1768 hay un total de 736 personas, en la 3317 hay un total de 2,240 personas, en la 3321 hay un total de 1,328 personas, en la 5652 hay un total de 5,751 personas, esto dio un total de 10,600 personas.

La distribución y población de hoteles por AGEB es la siguiente: en la 1753 se ubica el hotel Victoria Ejecutivo GDL de 3 estrellas con 211 habitaciones, puede albergar 676 personas, en la 3317 se ubica el hotel Suites Chapalita de 2 estrellas con 83 habitaciones, puede albergar 332 personas, en la 3321 se ubican dos hoteles, 1. El ONE GDL de 3 estrellas con 126 habitaciones, puede albergar 504 personas y 2. El Hampton Inn de 3 estrellas con 143 habitaciones, puede albergar 529 personas y en la 5652 se ubica el hotel RIU plaza Guadalajara de 5 estrellas con 550 habitaciones y 16 salones de eventos, puede albergar 3,154 personas, es importante mencionar que para calcular la población correspondiente a hoteles, la capacidad máxima se afectó por la ocupación promedio anual según la clasificación que se presenta en la tabla 14, esto da un flujo de 2,922 personas. Con lo anterior, en Chapalita Guadalajara la población flotante total es de 13,522 personas, esto representa el 77.78% (figuras 35 y 36).

Tabla 14

Ocupación de hospedaje en la Zona Metropolitana de Guadalajara 2016

Categoría	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Prom.anual
5 estrellas*	50.04	67.01	70.73	66.77	59.62	60.86	71.14	71.81	74.38	75.53	77.85	61.62	67.28
4 estrellas	45.67	50.44	61.72	54.42	51.05	47.03	71.05	63.66	62.5	62.11	66.13	55.72	57.63
3 estrellas	35.65	40.48	49.6	43.19	29.59	27.23	37.41	46.94	44.38	41.81	46.94	41.64	40.41
2 estrellas	29.52	28.06	35.07	32.77	29.94	28.42	43.26	36.64	28.97	30.87	36.1	34.48	32.84
1 estrella	43.00	40.79	42.72	42.28	43.12	46.88	51.67	51.75	48.02	45.88	44.6	44.4	45.43
Promedio	53.63	43.65	49.83	57.08	52.18	46.68	45.72	60.00	59.15	57.89	57.22	51.53	52.88
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM.ANUAL
Año 2015	42.57	51.49	53.52	50.25	47.96	54.37	59.06	54.81	50.64	53.62	59.26	45.9	51.95
Variación porcentual	11.06	-7.84	-3.69	6.83	4.22	-7.69	-	5.19	8.51	4.27	-2.04	5.63	0.93

Fuente: DataTur (2016). *Nota: La metodología DataTur integra los establecimientos de categoría especial y gran turismo con los de 5 estrellas.



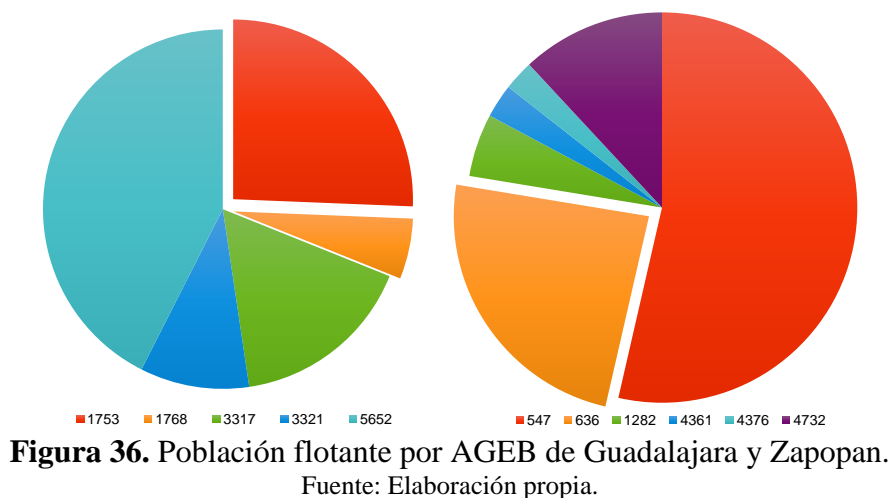
Figura 35. Unidades económicas Chapalita.

Fuente: Elaboración propia con datos vectoriales del DENUE (2017) e imágenes satelitales (2017).

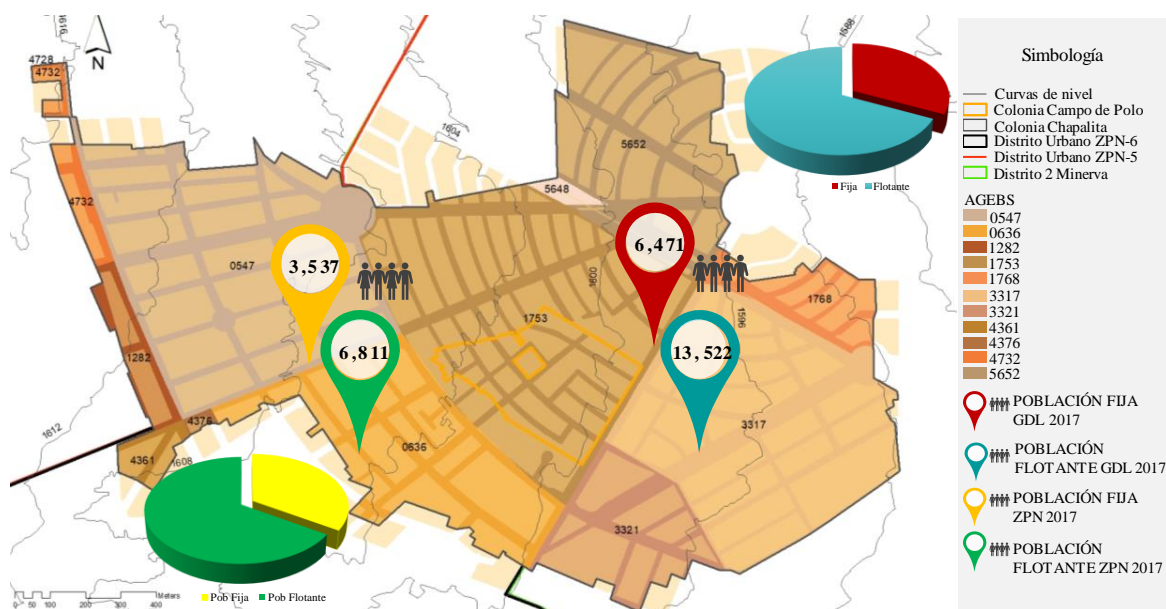
En el municipio de Zapopan se calculó una población flotante total de 6,785 personas, que se distribuye por AGEB de la siguiente manera: en la 547 hay un total de 3,650 personas, en la 636 hay un total de 1,635 personas, en la 1282 hay un total de 355 personas, en la 4361 hay un total de 190 personas, en la 4376 hay un total de 170 personas y en la 4732 hay un total de 811 (figuras 35 y 36).

La distribución y población de hoteles por AGEB es la siguiente: en la 547 se ubica el hotel CLARIUM 101 con 12 habitaciones, se hospedaron 26 personas, con lo anterior, el

gran total de población flotante es de 6,811 personas, esto representa el 22.22% (figuras 35 y 36).



La población total que se calculó en Chapalita (fija y flotante) es de 30, 341 personas (figura 37), con este número total, se llevará a cabo la cuantificación del consumo de agua por uso consuntivo y la simulación del escenario de la situación actual.



6.3. Cambios en el uso de suelo

“En la colonia Chapalita se han realizado construcciones, adaptaciones de apartamentos sin la adecuación de las construcciones a la vocación habitacional residencial de la colonia y a pesar de tener un plan parcial no se respetan las Leyes, Reglamentos, Planes Parciales, tampoco se tomaron en cuenta las normas sanitarias elementales, ni el medio ambiente,

ocasionando repercusiones en la calidad de vida y la pulverización de los servicios públicos” (Estatutos RCH, 2016).

Para realizar los cálculos de esta sección se tomó como base los planos digitales de la colonia, es importante aclarar que Díaz (1991) menciona que dentro de la colonia Chapalita está el área del fraccionamiento independiente “Campo de Polo” (figura 16). Por lo tanto, Residentes de Chapalita A.C., tiene bajo su jurisdicción 176.12 ha (1,761,216.034 m²), a continuación, se caracterizan los elementos que intervienen con el aumento de la población junto al cambio del uso del suelo:

En la Zonificación primaria (clasificación de áreas, uso general del suelo-estructura urbana) de la Colonia Chapalita de 1991 se propuso la siguiente zonificación:

De la superficie total de 1,761,216.034 m², la zona Habitacional ocupó una superficie de 688,803.5789 m² (59.72%) con la tipología de vivienda unifamiliar de densidad media y baja (GDL: AU-PF/H3-U y ZPN: PP-PF/AU/H2), el resto ocuparía 464,594.9755 m² distribuido de la siguiente manera: los Servicios ocuparían el 10.92% (125,996.4894 m²) del territorio de la colonia, el Mixto Central (MC) propuesto fue de 9.03% (104,203.8576 m²) con intensidad media (GDL-ZPN: AU-RN/MC-3), el Mixto Barrial (MB) era del 7.63% (87,952.7546 m²) con intensidad media (GDL:AU-RN-PF/MB-3 y ZPN: PP-PF/AU/CS-D3, las Áreas Verdes tendrían el 6.62% (76,350.1428 m²), se pretendía que la zona Mixto Distrital (MD) abarcara el 6.08% (70,091.7311 m²) con intensidad media y baja (GDL: AU-RN-PF/MD-3 y ZPN: PP-PF/AU/CS-2), la superficie total de zonas primarias fue de 1,153,398.55 m² (ver tabla 15 y figuras 38 y 39).

Tabla 15

Zonificación primaria (clasificación de áreas, uso general del suelo-estructura urbana)

H Habitacional: comprende todo tipo de edificaciones para el uso habitacional, se integra por los siguientes grupos (en el plan parcial de Chapalita del año 1991, no se especifica el grupo habitacional):

- Vivienda unifamiliar: una casa-habitación por familia en cada lote individual;
- Vivienda plurifamiliar horizontal: viviendas para dos o más familias dentro de un mismo lote, independientemente del régimen de propiedad que se constituya, con la característica de que pueden estar aisladas, entrelazadas o adosadas en forma horizontal, o superpuestas en un número no mayor a dos unidades; y
- Vivienda plurifamiliar vertical: viviendas o departamentos agrupados en edificaciones cuyas unidades están superpuestas en un número mayor a dos unidades.
 - H1 Habitacional de densidad mínima;
 - H2 Habitacional de densidad baja;
 - H3 Habitacional de densidad media;
 - H4 Habitacional de densidad alta;

Mixto (M): Las zonas en las que la habitación se mezcla con actividades relativas al comercio y los servicios, así como con instalaciones de equipamiento urbano. Por su radio de influencia se clasifican en los siguientes tipos:

- Mixto barrial (MB): las zonas donde la habitación es predominante pero compatible con otros usos comerciales y de servicios estrictamente barriales; en ellas el uso habitacional no podrá ser menor del 75 por ciento de la zona. Generalmente se constituyen alrededor de los centros vecinales o centros de barrio, o en corredores internos del barrio.

Continúa tabla 15

- Mixto distrital (MD): las zonas donde la habitación coexiste en forma equilibrada con usos comerciales y de servicios cuya zona de influencia es un distrito urbano, o el conjunto de varios barrios; en ellas el uso habitacional no podrá ser menor del 50 por ciento de la zona. Generalmente se constituyen alrededor de los subcentros urbanos o en corredores urbanos interzonales, siendo adecuadas para ubicar los usos de comercio y servicios de mayor impacto, así como actividades de trabajo de baja incidencia en el medio ambiente.
- Mixto central (MC): las zonas donde la habitación deja de ser predominante, mezclándose con usos comerciales y de servicios de carácter urbano general, que sirven a la totalidad o a un amplio sector del centro de población; en ellas el uso habitacional no podrá ser menor del 25 por ciento de la zona. Generalmente se constituyen alrededor de los centros o subcentros urbanos, o en corredores urbanos, donde por razones de impacto en la imagen urbana, deben excluirse los usos comerciales y de servicios de mayor impacto.

Fuente: SEDEUR (2017).

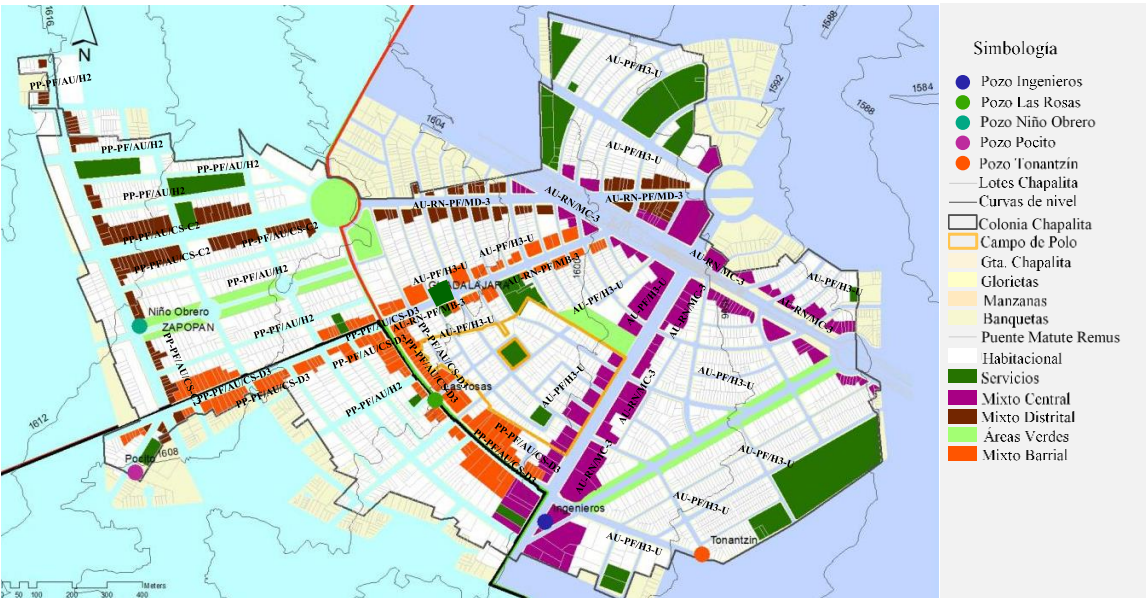


Figura 38. Zonificación primaria Chapalita, 1991.

Fuente: Elaboración propia con datos de Díaz (1991).

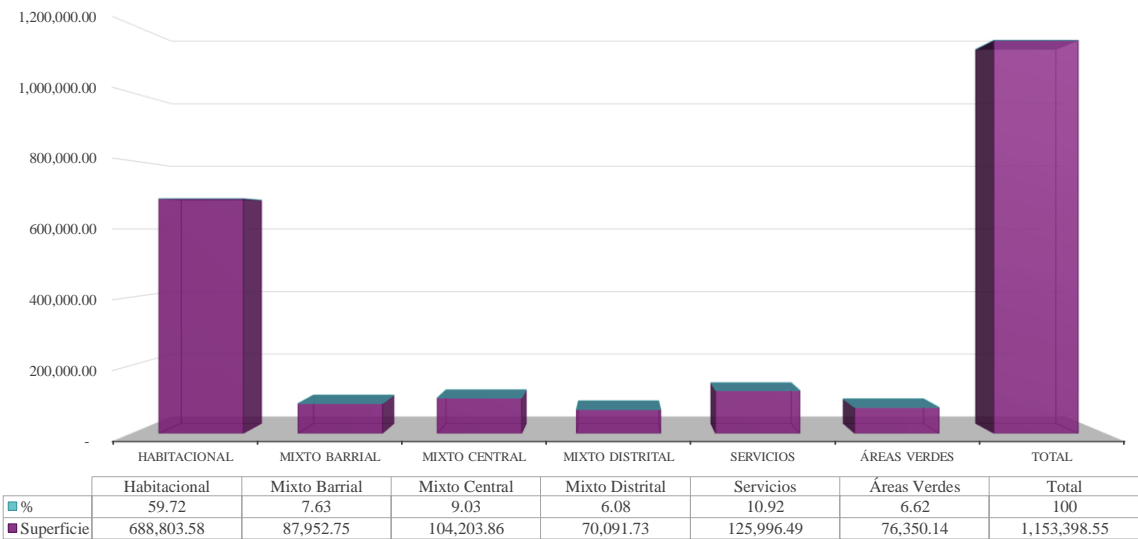


Figura 39. Superficies de la zonificación primaria Chapalita, 1991.

Fuente: Cálculo realizado con datos de Díaz (1991) y planos digitales RCH (2016).

Esta zonificación primaria, coincidió con las recomendaciones indicadas en 1991 por el experto el Ing. Nicolás Díaz tras identificar los problemas de operación de la red y en los pozos, una recomendación fue: “Si RESIDENTES DE CHAPALITA ve conveniente y puede evitar que se incremente más la población de la colonia y/o el uso del agua potable en la misma”.

Dada la recomendación anterior, se propusieron densidades habitacionales e intensidades de las zonas de Servicios, MC, MB y MD van de medios a bajos, el objetivo de la zonificación primaria era regular el incremento de la población, otro documento con restricciones respecto a la ubicación Obras Nuevas Multifamiliares y la ubicación del aljibe son los estatutos (ver anexo 5), en el que se menciona que: “Dadas las limitaciones para las prestaciones de los servicios públicos principalmente el agua, drenaje, aseo, etc., y la necesidad de evitar situaciones de hacinamiento, estos sólo podrán ubicarse donde el Plan Parcial de Desarrollo Urbano y el Reglamento Para la Protección del Patrimonio Edificado y Mejoramiento de la Imagen del Municipio de Zapopan lo marque y cada uno de los inmuebles construidos en la colonia, deben forzosamente contar con aljibe, mismo que se recomienda realizarlos lo más cercano a la calle” (Estatutos RCH, 2016).

La zonificación primaria para el municipio de Guadalajara del 2000 al 2003 se muestra que la tipología de vivienda comenzó a cambiar (figura 40), se permitían tipologías de vivienda unifamiliares con densidades media y baja, además se introdujeron los plurifamiliares horizontales y verticales con densidad media, los mixtos MC, MB y MD se mantuvieron con intensidad media y los servicios se cambiaron por Equipamiento Institucional, en Chapalita abarcó desde el vecinal, barrial, distrital y central de menor y mayor impacto, se incluye en la colonia una zona de áreas de restricción por infraestructura e instalaciones especiales de riesgo E-RG 01 (gasolinera), las pocas áreas verdes son EV-04 y la zona del puente Matute Remus (EV-06, EV-07 y EV-08).

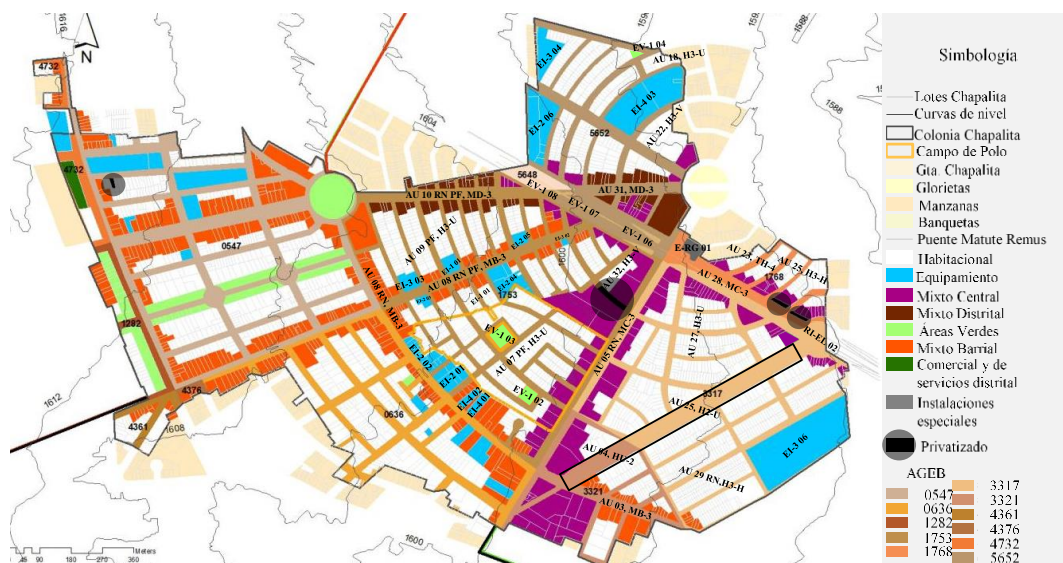


Figura 40. Zonificación primaria Chapalita Guadalajara, 2000-2003.

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno Municipal de Guadalajara (2000-2003) *información disponible únicamente para el municipio de Guadalajara.

En concordancia con los planes parciales de los municipios de Guadalajara (2012-2015) y el gobierno municipal de Zapopan (PND: 2007-2012), en la zonificación primaria de Chapalita del 2012 al 2015 se ha buscado un desarrollo controlado en su zona habitacional que no pase de densidad media, también ha buscado un desarrollo controlado en su zonas mixtas MC, MB y MD, también se incluyeron 3 zonas de restricción por infraestructura e instalaciones especiales de riesgo RI-RG 01, RI-RG 02 y RI-RG 03 (3 gasolineras), en este plan no se incluyó la zona de una cuarta gasolinera, el equipamiento va desde el vecinal (EUp-V 02, 03, 05, 06 y 07), barrial (EUp-B 01 y 02) y distrital (EUp-D 01, 02, 03, 04, 05, 08, 09, 10, 11 y 12) y la zona para áreas verdes son las del puente Matute Remus (EV-02, 03, 04 y 05) (figuras 41 y 42).

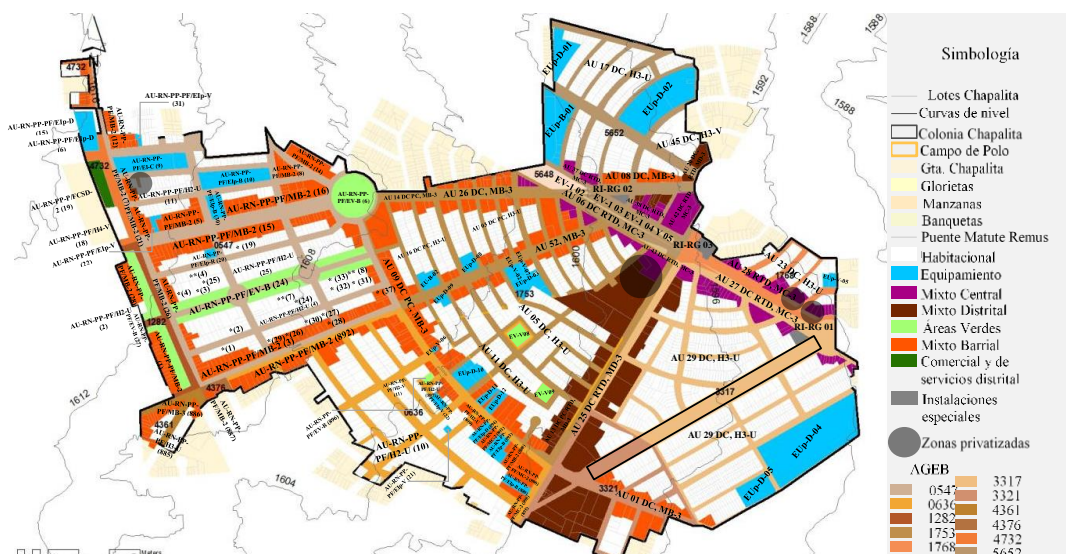


Figura 41. Zonificación primaria de Chapalita 2012-2015.

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno Municipal de Zapopan, (PND: 2007-2012), Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015) y planos digitales RCH (2016).

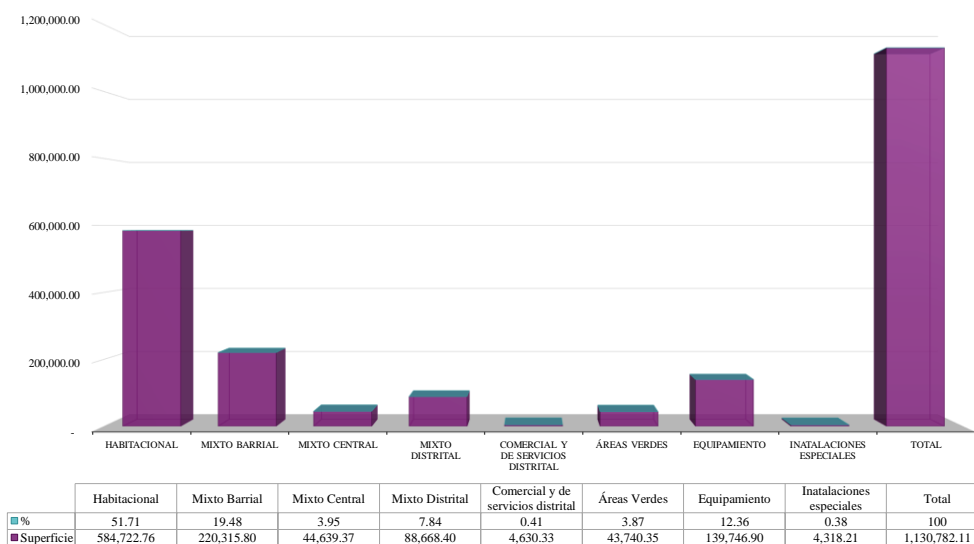


Figura 42. Superficies de la zonificación primaria Chapalita, 2012-2015.

Fuente: Cálculo realizado con datos de Díaz (1991) y planos digitales RCH (2016).

Según la información de los municipios de Guadalajara y Zapopan, la superficie total de zonas primarias que se calculó es de 1,130,782.11 m², su distribución es la siguiente:

La zona que predomina sigue siendo el habitacional a pesar de reducirse en un 8.01% del 59.72% al 51.71% (584,722.76 m²), en ese periodo y su tendencia sigue a la baja por el dinamismo del cambio del uso de suelo y el aumento de la densidad de las unidades económicas, sin embargo, la tipología de la vivienda también ha evolucionado, es decir, pasó de la vivienda de tipo unifamiliar a la vivienda plurifamiliar vertical con la construcción de condominios como el San Francisco, Rotario, Villita, Torres Chapalita, Guadalupe, entre otros, estas zonas habitacionales tienden albergar y concentrar la población permanente o fija.

Las otras zonas suman 536,127.06 m² cuya distribución en Chapalita es la siguiente: en segundo lugar, está la zona Mixto Barrial (MB) con 220, 315.80 m² (19.48%), aumentó un 11.85%, le sigue la zona de equipamiento con el 12.36% (139,746.90 m²), que sustituyó a los servicios, por otra parte, la zona Mixto Distrital (MD) sólo existe en el municipio de Guadalajara abarca 88,668.40 m², aumentó 1.76% pasó de 6.08% a 7.84%, en el municipio de Zapopan predomina el Mixto Barrial, el Mixto Central (MC) se redujo 5.08% pasó del 9.03% al 3.95% (44,639.37 m²), las Áreas Verdes disminuyeron su área 2.75 % pasó del 6.62% al 3.87%, (43,740.35 m²), en el municipio de Zapopan se ubica la zona Comercial y de Servicios Distrital con una superficie de 4,630.33 m² (0.41%), la zona de instalaciones espaciales sólo se encuentra en GDL con una superficie de 4,318.21m² (0.38%).

La diferencia entre la superficie de zonificación primaria de 1991 y 2012-2015 radica en la disminución de las áreas verdes en el municipio de Guadalajara (Av. Chapalita), banquetas privatizadas por comercios que están considerados en el uso de suelo y en Zapopan hay una calle privatizada que sirve de acceso a 3 viviendas, nótese que en esta zonificación la calle privatizada por la Nissan se consideró como una zona MD, éstas se señalan con círculos en color negro en la figura 41.

El uso de suelo inicial del fraccionamiento era campestre para granjas, esto se cambió porque la tendencia del uso de suelo para la zona era urbana, entonces se solicitó el cambio de uso de suelo de campestre a urbano (Gómez Sustaita, 2003). De ahí en adelante dada la dinámica de la población, la evolución del cambio de uso de suelo es el siguiente:

Del 2012-2015, la superficie total de uso de suelo de la Colonia Chapalita fue de 1,135,830.09 m², predominó el habitacional con el 61.37% (697,079.21 m²), los otros usos de suelo ocuparon 438,750.87 m², el mayor de ellos fueron los servicios con una ocupación territorial del 13.34% (151,468.10 m²), le sigue el equipamiento institucional que abarcó el 11.34% (128,845.88 m²), los comercios ocuparon el 5.74% (65,217.46 m²), las áreas verdes ocuparon el 3.87%, (43,951.27 m²), cabe mencionar que en el municipio de Guadalajara no se señalan ni se consideran las áreas verdes de la Av. Chapalita (figura 43), los predios que no estuvieron actividad en ese año representa el 1.33% (15,125.32 m²), los predios baldíos representaron el 1.02% (11,529.64 m²) y, los predios con actividad pero sin uso asignado fueron 0.85% (9,612.14 m²), le siguió el turístico con una ocupación del 0.74% (8,419.54

m²), los predios con uso mixto fueron de 0.24% (2,723.79 m²), el uso industrial fue de 0.12% (1,360.844 m²) para finalizar las instalaciones especiales donde se ubican los pozos Ingenieros y SIAPA Chapalita ocupan el 0.04% (496.90 m²) (figuras 43 y 44).

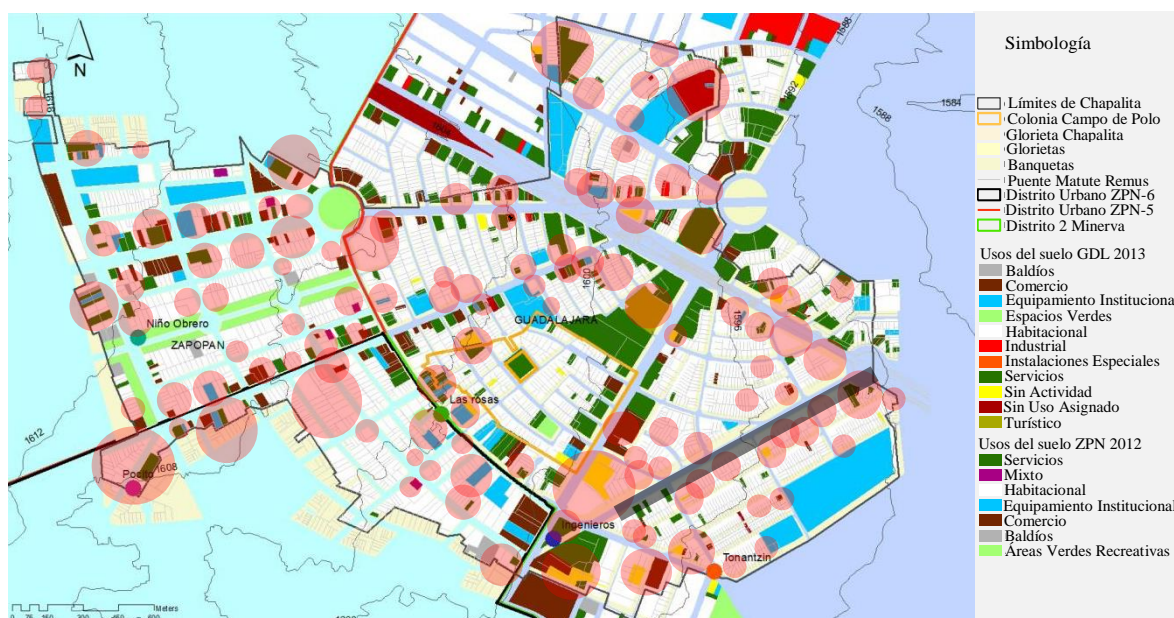


Figura 43. Uso de suelo Chapalita 2012-2015.

Fuente: Gobierno Municipal de Zapopan, (PND: 2007-2012) y Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015) *no contempla el área verde de la Av. Chapalita.

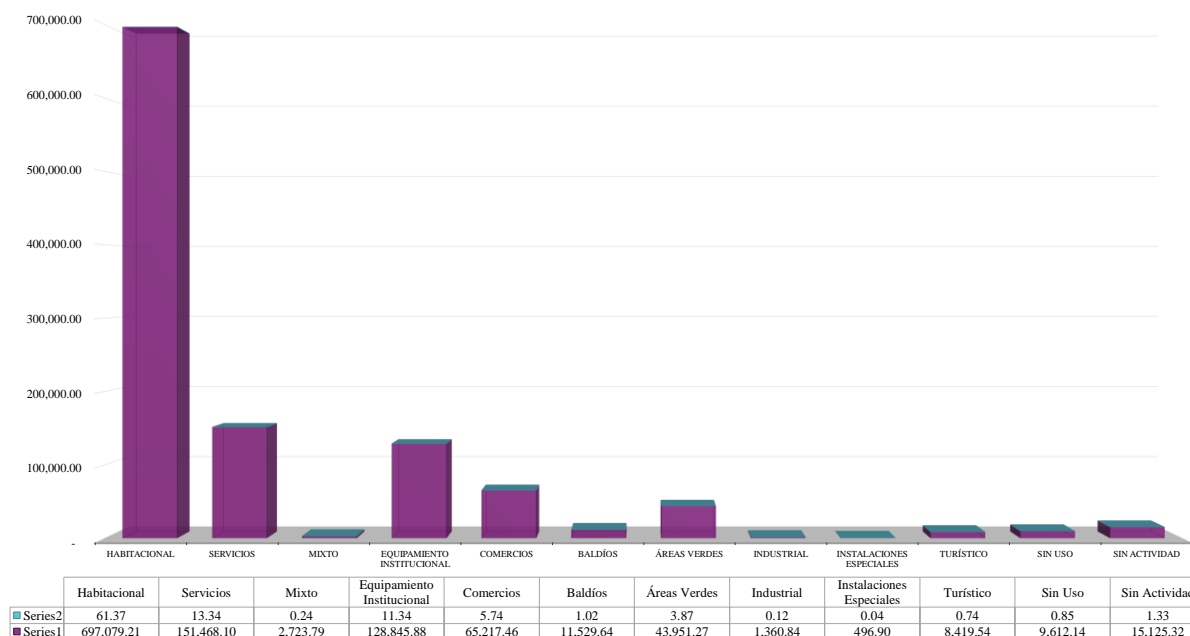


Figura 44. Uso de suelo Chapalita del año 2012-2015.

Fuente: Cálculo realizado con datos del Gobierno Municipal de Zapopan, (PND: 2007-2012) y Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015).

Los cambios de uso de suelo en la colonia Chapalita se marcaron en la figura 43 con círculos rojos, el uso de suelo actual de la colonia (inventario de la situación actual) se muestra en las figuras 45 y 46. Los cambios resultantes son: de la superficie total (1,135,830.09 m²) el uso de suelo habitacional disminuyó un 9.67%, actualmente ocupa el 51.70% (587,233.56 m²), los otros usos de suelo ocupan 548,596.53 m² de los cuales se mencionan primero los usos de suelo que disminuyeron: los comercios se redujeron ligeramente (0.29%), ahora ocupan el 5.45% (61,846.40 m²), del territorio de la colonia, los predios sin actividad se redujeron en un 1.24% al 0.09% (1,055.72 m²) y los predios con actividad pero sin uso asignado se redujeron 0.8% de 0.84% a un 0.04% (440.07 m²).



Figura 45. Uso de suelo Chapalita del año 2017.

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno Municipal de Zapopan, (PND: 2007-2012) y Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015), DENUE (2017) e imágenes satelitales (2017).

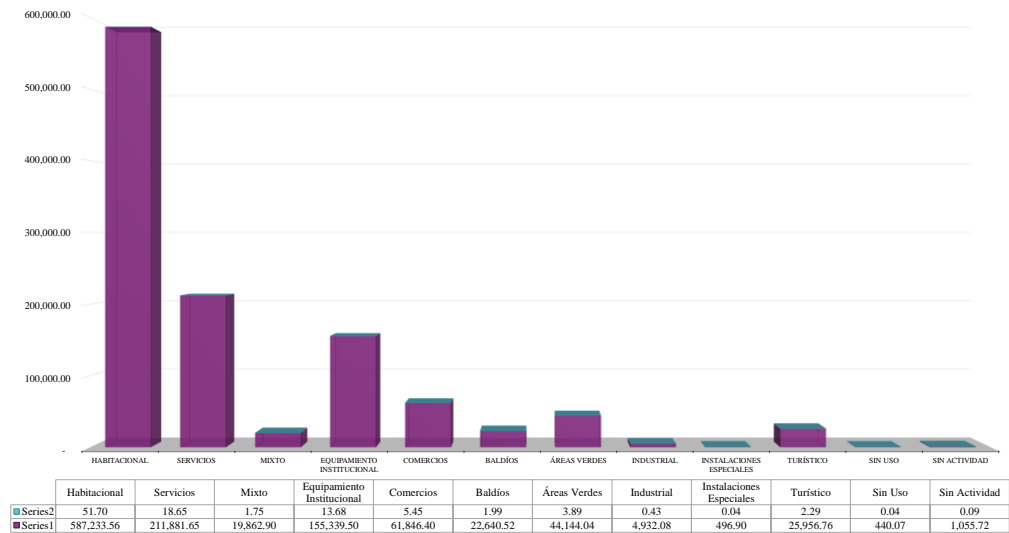


Figura 46. Uso de suelo Chapalita del año 2017.

Fuente: Cálculo realizado con datos del Gobierno Municipal de Zapopan, (PND: 2007-2012) y Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015), DENUE (2017) e imágenes satelitales (2017).

Los usos de suelo que aumentaron son: los servicios con un 5.31%, actualmente representa el 18.65% (211,881.65 m²), el equipamiento institucional incrementó un 2.34 % para tener el 13.68% (155,339.50 m²), el uso de tipo turístico aumentó 1.55% y ocupa el 2.28% (25,956.76 m²) con el asentamiento de hoteles de 2, 3 y 5 estrellas en GDL está el RIU, el Hampton Inn, el Victoria Ejecutivo Guadalajara, el recién inaugurado One y otro como el hotel Suites Chapalita y en Zapopan el hotel Clarium, la superficie de áreas verdes ocupan el 3.89%, (44,144.04 m²), los baldíos también aumentaron un 0.97% y pasaron a tener 1.99% (22,640.52 m²) debido a la compraventa de terrenos con viviendas que posteriormente fueron demolidas (figura 47), el uso industrial aumentó al 0.43% (4,932.08 m²), las instalaciones especiales donde se ubican los pozos Ingenieros y el pozo del SIAPA Chapalita permanecieron con el 0.04% (496.90 m²).



Figura 47. Obras en proceso y viviendas demolidas.

Fuente: Imágenes satelitales (2017).

El uso que únicamente existe en el municipio de Zapopan es el mixto con el 1.75% (19,862.90 m²). Todos los cambios mencionados anteriormente han generado un patrón de estrés hídrico con el establecimiento de usuarios que consumen grandes cantidades de agua.

Por otro lado, la morfología urbana en la colonia también ha cambiado esta, “se define por las características de los elementos edificados que dan forma al aspecto externo o espacio público que presenta la ciudad. Estas características incluyen aspectos de dimensión y escala, la disposición entre edificaciones y la relación de alturas construidas en los predios” (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2012-2015).

Durante el 2012-2015, en la parte de Chapalita que corresponde al municipio de Guadalajara predominaron las edificaciones de 1 a 2 niveles con el 86.6%, le siguen las de 3 a 4 niveles con el 11.2%, las edificaciones de 5 a 10 niveles representaron el 1.1%, el nivel 0 en aquel entonces era del 0.8%, por último, las edificaciones de 11 a más niveles ocuparon el 0.2%, entre las construcciones de gran altura están torres de departamentos habitacionales, condominios, oficinas y hoteles que permiten albergar más población en la colonia (tabla 16).

En el municipio de Zapopan predominaron las edificaciones de 2 niveles con el 62.8%, le siguieron las construcciones de 3 niveles con el 24% de los predios, las edificaciones de 1 nivel ocuparon el 8.1%, en el municipio existen construcciones que sobrepasan los 4 niveles, éstas representaron el 3% y para finalizar los predios con un menor porcentaje fueron los del nivel 0 con el 2.1% (tabla 16).

Tabla 16

Morfología urbana de Chapalita 2012-2015

Morfología GDL 2013			Morfología ZPN 2012		
Rangos	No. de predios	%	Rangos	No. de predios	%
Nivel 0	14	0.8	Nivel 0	18	2.1
Edificaciones de 1 a 2 niveles	1466	86.6	Edificaciones de 1 nivel	69	8.1
Edificaciones de 3 a 4 niveles	190	11.2	Edificaciones de 2 niveles	538	62.8
Edificaciones de 5 a 10 niveles	18	1.1	Edificaciones de 3 niveles	206	24.0
Edificaciones de 11 a más niveles	4	0.2	Edificaciones de 4 a más niveles	26	3.0
Total	1692	100	Total	857	100
Gran total: 2549 predios*					

Fuente: Cálculo realizado con base en Gobierno Municipal de Zapopan (PND: 2007-2012), Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015) y planos digitales de RCH (2016) *No están contempladas las subdivisiones.

En Chapalita Guadalajara se contabilizaron 1,692 predios y en Chapalita Zapopan se contabilizaron 857 predios, esto da un gran total de 2,549 predios en ese entonces.

Antes de presentar los resultados de la actualización de la morfología urbana que se llevó a cabo para el año 2017, es importante mencionar que se utilizó como plano base los planes parciales de los municipios de Guadalajara y Zapopan, con la actualización, se detectaron 105 predios adicionales que no están reflejados en los planos digitales que proporcionó Residentes de Chapalita A.C. (existe la posibilidad de tener más predios), dichas subdivisiones se pueden visualizar en la figura 48 marcados con círculos de color azul junto con la representación gráfica de la morfología urbana actual que se describe a continuación:

En Chapalita Guadalajara, siguen predominando los predios de 1 a 2 niveles con una pequeña disminución, representa ahora representa el 82.26%, le siguen los predios de 3 a 4 niveles con el 14.92%, por otro lado, los predios de 5 a 10 niveles ocupan el 0.98%, las edificaciones de más de 11 niveles registraron un aumento al tener el 0.40%, para terminar el conteo en Guadalajara los predios con nivel 0 tienen el 1.44% (tabla 17 y figura 47). En

Chapalita Zapopan los predios de 2 niveles siguen a la cabeza en el conteo con el 62.64%, le siguen los predios de 3 niveles con el 23.42%, en tercer lugar, tenemos los predios de 1 nivel con el 8.17%, los predios de 4 a más niveles se mantienen con el 3.38% y para terminar el nivel 0 representa el 2.40% de los predios (tabla 17 y figura 47).

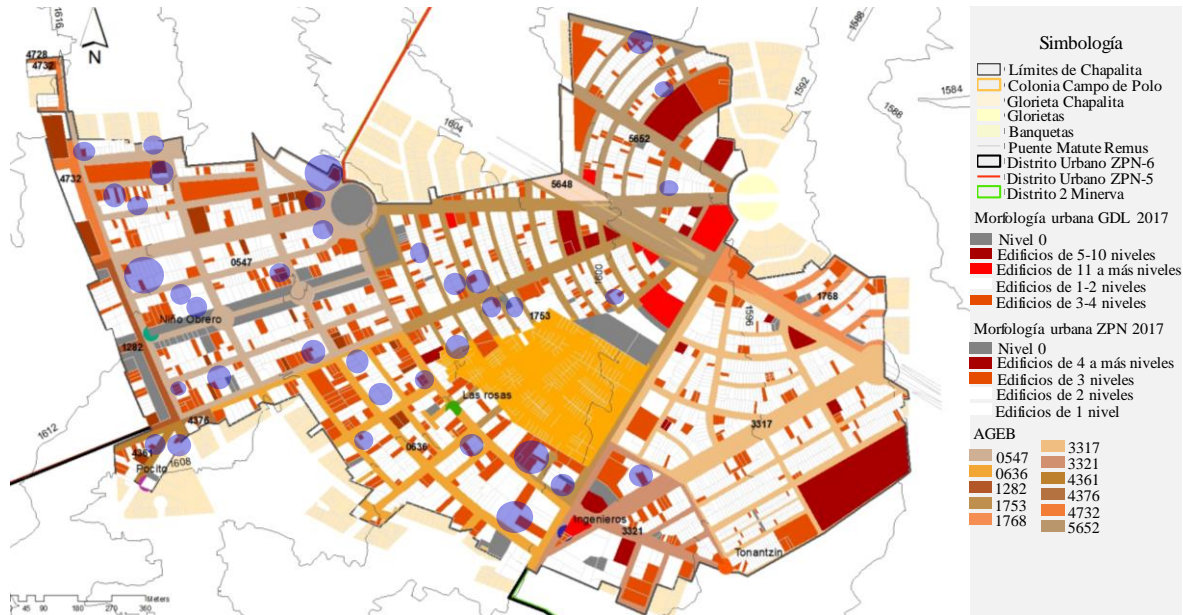


Figura 48. Morfología urbana y predios subdivididos 2017.

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno Municipal de Zapopan, (PND: 2007-2012) y Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015), DENUE (2017) e imágenes satelitales (2017).

En Chapalita Guadalajara se contabilizaron 1,736 predios, en Chapalita Zapopan se contabilizaron 918 predios, el gran total es de 2,654 predios, incluidas las subdivisiones (tablas 16 y 17).

Tabla 17

Morfología urbana de Chapalita 2017

Morfología GDL 2017			Morfología ZPN 2017		
Rangos	No. de predios	%	Rangos	No. de predios	%
Nivel 0	25	1.44	Nivel 0	22	2.40
Edificaciones de 1 a 2 niveles	1428	82.26	Edificaciones de 1 nivel	75	8.17
Edificaciones de 3 a 4 niveles	259	14.92	Edificaciones de 2 niveles	575	62.64
Edificaciones de 5 a 10 niveles	17	0.98	Edificaciones de 3 niveles	215	23.42
Edificaciones de 11 a más niveles	7	0.40	Edificaciones de 4 a más niveles	31	3.38
Total	1736	100	Total	918	100
Gran total: 2,654 predios*					

Fuente: Cálculo realizado con base en planos digitales de RCH (2016) e imágenes satelitales (2017)

*se contabilizaron 105 predios adicionales producto de la subdivisión de predios y privatización de calles y banquetas.

Para los habitantes de la colonia, todo lo anterior causa un desequilibrio, ya que, “Chapalita no puede ser una colonia de fraccionamientos porque la demanda de servicios es mucha ya no se les puede abastecer de agua, no se puede cargar más, a veces llegan de noche, demuelen una casa, sacan permiso, construyen una torre y se vuelve más densa la zona como sucedió con la casa de don José Aguilar, se demolió y se anunció la construcción de 2 torres de departamentos y RCH pidió una suspensión de obra, porque, no se tiene agua para alimentar 40 departamentos (cada torre con 20), darle agua a esas torres perjudicaría a los vecinos, se detuvo la construcción para evitar el consumo tan alto de agua y la descarga de aguas residuales” (*conversación personal con 36 residentes*).

6.4. Fuentes de abastecimiento de agua de la colonia Chapalita

6.4.1. Pozos de abastecimiento

Las fuentes de abastecimiento de la colonia Chapalita se ubican en la cuenca geohidrológica Atemajac (CEA, 2016). En comunicación personal con el gerente de Residentes de Chapalita A.C. el Arq. Carlos Sánchez Sahagún, (2016), respecto a los pozos mencionó lo siguiente: “En materia de agua nosotros contamos con concesiones de la CONAGUA que renovamos cada 10 años para extraer agua subterránea de 5 pozos profundos (figura 49), la colonia Chapalita tiene autonomía hídrica, es decir, posee el control y uso de sus fuentes propias para proporcionar el servicio de abastecimiento de agua potable a sus residentes, hace 4 años tuvimos un juicio porque no nos quisieron otorgar de nueva cuenta la concesión de los pozos de abastecimiento, entonces peleamos jurídicamente y ganamos los juicios de 4 de los cinco pozos, entonces ahorita hemos salvado la integridad del sistema de abastecimiento, porque, gracias a las cuotas de nuestros vecinos y de los comerciantes, la asociación subsiste.

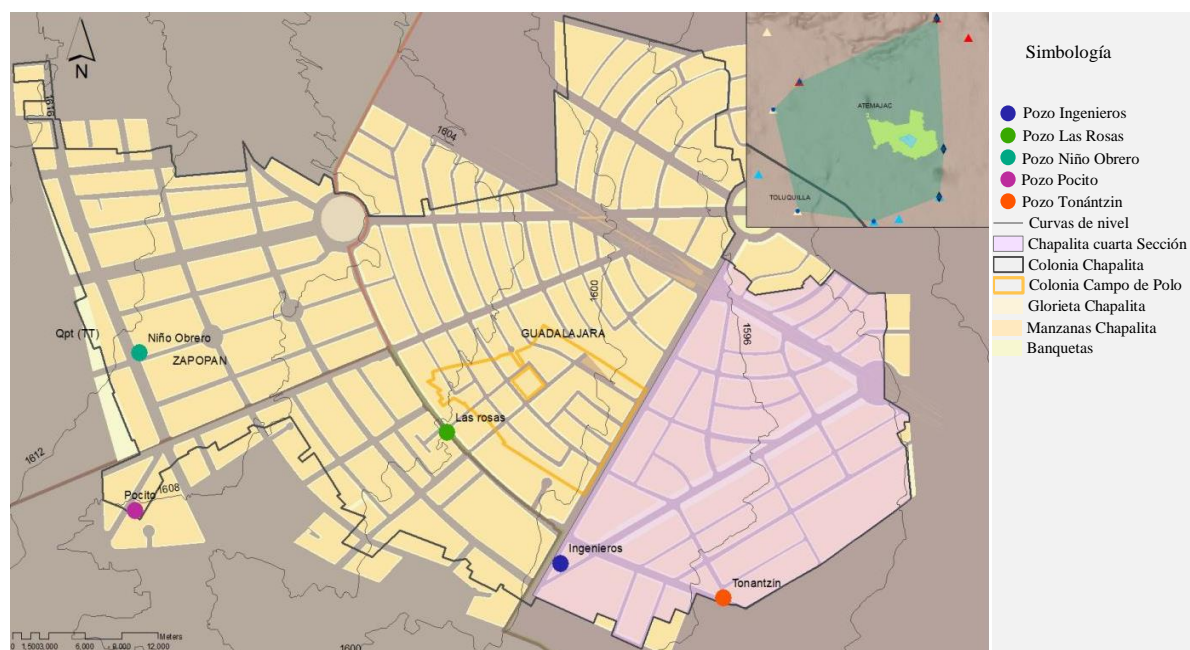


Figura 49. Pozos de abastecimiento de la colonia Chapalita

Fuente: Elaboración propia con datos de Díaz (1991).

En la colonia Chapalita, se contó inicialmente para su abastecimiento de agua potable con cinco pozos profundos. De estos 5 pozos iniciales, han dejado de operar dos de ellos, uno en la calle San Pablo, y otro en la calle Placeres, los tres restantes (Niño Obrero No.1, Pocito No. 2 e Ingenieros No. 3) se ubican en donde estuvieron originalmente, pero se han vuelto a perforar cerca de la entubación anterior para aprovechar el mismo acuífero, ver figura 49 (Díaz, 1991).

Existen otros dos pozos más recientes, en la Av. de las Rosas, uno en el camellón frente a la Privada de las Rosas (no. 4), y otro en la esquina con la avenida Tonantzín (no.5) (figura 49), con estos vuelven a ser cinco los pozos en explotación, aunque ahora las demandas de agua son mayores, al tenerse habitada la mayor parte de la colonia, posiblemente haya disminuido el potencial del acuífero original de estos pozos (Díaz, 1991). Actualmente, siguen operando los 5 pozos (figura 49) mencionados anteriormente (Niño Obrero No.1, Pocito No. 2, Ingenieros No. 3, Las Rosas no. 4 y Tonantzín no.5) (Díaz, 2016).

6.4.2. Fugas en la red de distribución

La red de alcantarillado y abastecimiento de agua potable de la ZMG aportan importantes cantidades de agua al subsuelo debido a las fugas (Geoex-SIAPA, 2003). Los hundimientos asociados con fugas en los sistemas hidrosanitarios representan un problema recurrente en la ZMG, éstas se acentúan principalmente donde hay un incremento considerable en la presión o en sitios donde la infraestructura es antigua con poco o nulo mantenimiento. De acuerdo con el SIAPA en el año 2012 se atendieron cinco mil cien hundimientos (Valdivia, *et al.*, 2014).

Por la antigüedad de la colonia, se le preguntó a un experto de SIAPA, (organismo operador en la ZMG) por las condiciones de la infraestructura, respondió que: “la infraestructura de la colonia ya cumplió su vida útil (tabla 18 y figura 50), se utilizó tubería hecha de asbesto cemento, por las cualidades del material la red de abastecimiento y por las condiciones naturales del terreno, puede presentar problemas en el mantenimiento de la presión, es decir, cuando esta es alta, hay gran cantidad de fugas, cuando es baja, la dotación es menor, cuando existe un equilibrio en la presión, el problema es la falta de agua, el problema ocasionado por el envejecimiento de la infraestructura es la alta probabilidad de la existencia de fugas imperceptibles, hasta que ocasionan un problema mayor como el hundimiento de cocheras, incluso viviendas” (*comunicación personal con el Ing. Carlos Aguirre, 2016*).

Tabla 18

Vida útil de elementos de un sistema de agua potable y alcantarillado

ELEMENTO	VIDA ÚTIL (Años)
Pozo:	
a) Obra civil	de 10 a 30
b) Equipo electromecánico	de 8 a 20
Línea de conducción	de 30 a 40
Planta potabilizadora:	
• Obra civil	40
• Equipo electromecánico	de 15 a 20

Continúa tabla 18

ELEMENTO	VIDA ÚTIL (Años)
Estación de bombeo:	
a) Obra civil	40
b) Equipo electromecánico	de 8 a 20
Red de distribución primaria	de 20 a 40
Red de distribución secundaria	de 15 a 30
Red de atarjeas	de 15 a 30
Colector y emisor	de 20 a 40
Planta de tratamiento	
a) Obra civil	40
b) Equipo electromecánico	de 15 a 20

Fuente: Comisión Nacional del Agua 2016.⁴

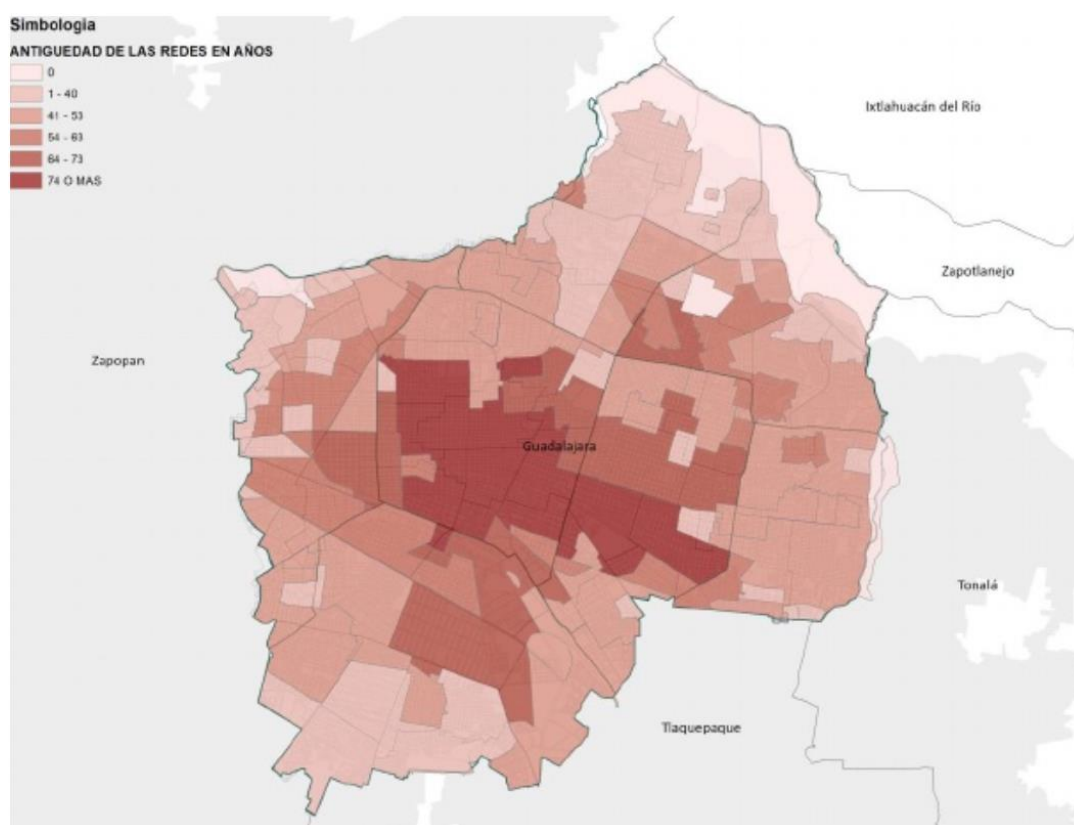


Figura 50. Antigüedad aproximada de las redes de agua potable Municipio de Guadalajara.
Fuente: Gobierno Municipal de Guadalajara (2017).

Respecto a las fugas, se les preguntó a los residentes encuestados a lo que respondieron lo siguiente: “Hay muchas fugas por la infraestructura hidráulica y en las casas viejas, por lo tanto, se debería usar tecnología para detectarlas, los materiales son problemáticos, es decir, afecta por su edad, su deterioro es un problema y obstaculiza la eficiencia hidráulica, se requiere de mucho monitoreo y mantenimiento. En la detección de fugas RCH no está bien

4 Nota: La vida útil del equipo electromecánico, presenta variaciones muy considerables, principalmente en las partes mecánicas, como son cuerpos de tazones, impulsores, columnas, flechas, portachumaceras y estoperos; la cual se ve disminuida notablemente debido a la calidad del agua (contenido de hierro y manganeso) y a las condiciones de operación como son la velocidad de la bomba, su distribución geométrica en las plantas de bombeo y paros y arranques frecuentes.

en ese aspecto tendrían que poner más atención, en la noche y en el fin de semana si hay una fuga no hay a quién reportarle, es decir, fuera del horario de oficina no hay sistema de reporte. El SIAPA tiene sistema 24 horas; deben dejar un teléfono de emergencia de RCH para reporte de fugas” (*comunicación personal con 36 residentes, 2016*).

“La gestión del agua es un problema porque hay muchas pérdidas en la tubería (fugas), de la colonia, es lo principal, han ocasionado problemas a los vecinos como: 1. Un día amaneció y había una oquedad bastante profunda por una fuga, se sumió y se abrió la banqueta de mi vecina, la fuga estaba en la red, le corresponde a RCH arreglarlo, no sabemos si fue así, yo no veo que trabajen en la reparación de fugas, entonces así debe estar toda la red, la única cosa que hace RCH seguido es la limpieza de pozos de absorción; 2. Frente a la casa de mi vecina de al lado hubo una fuga hace meses y no se había detectado hasta que se hundió su cochera (la fuga estaba en la red)” (*comunicación personal con 36 residentes, 2016*).

6.5. Crecimiento de la demanda de agua

Dada la situación planteada en la sección anterior, históricamente, se tiene como antecedente que, en el año 1991, en la colonia hubo un flujo de 20,000 personas y de acuerdo con la medición en los 5 pozos de abastecimiento que realizó Díaz se determinó que el volumen que se extrajo ese año para suministrar agua a las personas fue de 67 l/s y la demanda de agua para el día de máximo consumo (en el estiaje), con una dotación de 300 l/hab/día fue de 70 l/s. de acuerdo con el experto, las deficiencias de agua en las partes altas de la colonia durante el estiaje se deben a una irregular distribución del gasto, que se concentra hacia las partes bajas (cuarta sección) (figura 51). Actualmente, por el aumento poblacional y el cambio del uso del suelo en la colonia, la dotación de base de los habitantes era de 300 l/hab/día disminuyó a 200 l/hab/día, si consumen más se les cobra como excedente.

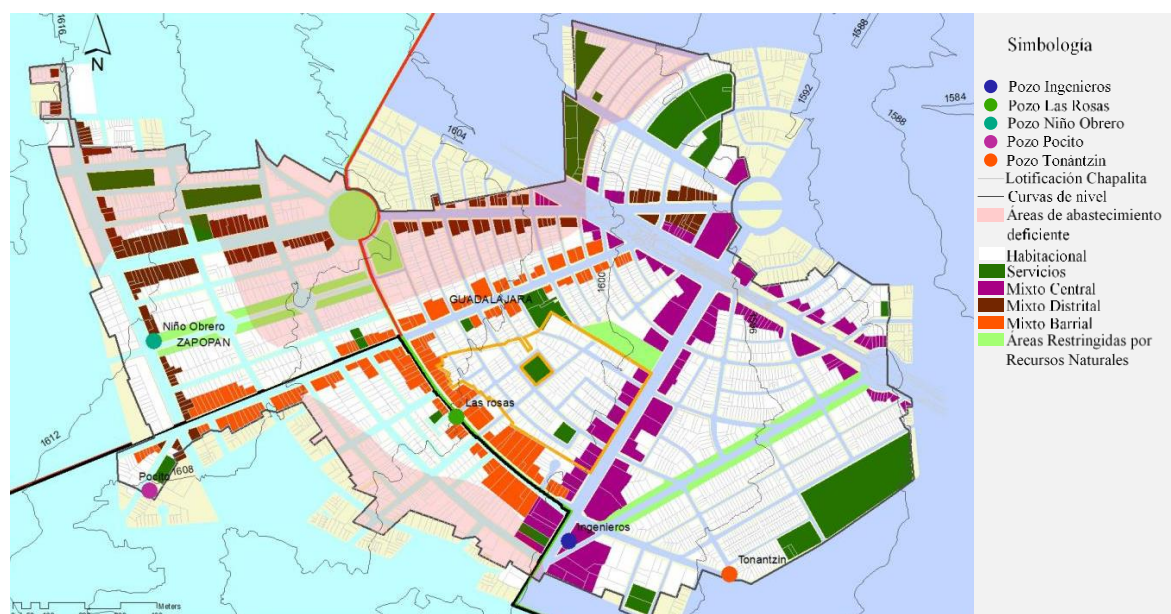


Figura 51. Áreas de abastecimiento deficiente de Chapalita.

Fuente: Elaboración propia con datos de Díaz (1991).

Se extraen de las fuentes de abastecimiento 75 l/s (tabla 19), caudal que ingresa a la red de abastecimiento, para suministrar agua a 30, 341 personas (población fija y flotante estimada) en Chapalita, pero, únicamente se aprovechan 60.21 l/s, es decir, que aproximadamente el 19.72% se pierde por fugas en la red y por fugas en el aljibe, información que se detallará en el capítulo siguiente donde se definirán patrones del uso del agua que han generado desperdicio.

Tabla 19

Volúmenes concesionados vs Volúmenes extraídos

Pozo	Volumen extraído l/s año (1991)	m ³ /año	Volumen concesionado CONAGUA l/s año	Concesión m ³ /año	Volumen extraído l/s año (2016)	m ³ /año
Pozo Ingenieros:	14	441,504.00	10.45	329,409.00	16	504,576.00
Pozo el pocito:	13.5	425,736.00	14.98	472,563.00	16	504,576.00
Pozo Niño Obrero:	16.5	520,344.00	12.52	394,690.00	25	788,400.00
Pozo las Rosas:	15	473,040.00	11.01	347,226.00	9	283,824.00
Pozo Tonantzin:	8	252,288.00	15.00	473,040.00	9	283,824.00
Suma total	67	2,112,912.00	63.96	2,016,928.00	75	2,365,200.00

Fuente: Díaz (1991), CONAGUA (2016) y RCH (2016).

Otros requerimientos

Aparte de los 75 l/s que se extraen para el suministro de agua a los habitantes, en comunicación personal con el jefe de mantenimiento de RCH (2016) mencionó que se llenan pipas de agua que toman del pozo Ingenieros para los servicios públicos para riego de camellones y glorietas en la colonia Chapalita se, riegan en la mañana a las 7:00 am y se riega una sola vez durante 10-15 min con el agua de los pozos, hay aljibes estratégicos de donde se toma el agua, para esta actividad se gastan 17,000 l diario.

6.6. Gestión de las aguas pluviales

Las transformaciones de los elementos hidro-geomorfológicos e hidráulicos en Guadalajara iniciaron de forma sistemática a finales del siglo XIX y principios del XX, impactaron negativamente los pequeños sistemas cuenca-vertiente que regulaban el patrón de generación-infiltración-distribución del agua. Estas transformaciones han incrementado la frecuencia de inundaciones y las han hecho más extremas y peligrosas (Valdivia, *et al.*, 2014).

En relación con el drenaje urbano sólo se construyeron obras hidráulicas importantes en 1910-1920, 1945-1950 y particularmente de 1960 a 1970 cuando se construyó una red hidráulica de nuevos colectores y subcolectores (actual red). El objetivo fue tratar de sustituir la funcionalidad de los cauces, particularmente el de la cuenca San Juan de Dios, rasgo hidrográfico que articulaba todo el sistema natural. Debido al incremento de la escorrentía se construyeron sistemas paralelos para captar y desviar el agua que escurría desde la parte poniente del valle (colectores intermedios ponientes), provocando el fenómeno llamado

trasvase. La capacidad hidráulica de la infraestructura pronto fue rebasada por los errores de diseño y el continuo crecimiento de la superficie revestida (impermeable) (Valdivia, *et al.*, 2014).

Las pocas acciones permanentes fueron: el desazolve de los canales y alcantarillas, la corrección de los trazos, el encauzamiento mediante el incremento de la pendiente y el levantamiento de bordes o su entubamiento. La construcción de infraestructura partió de dos principios: encauzar el agua de lluvia y evacuarla lo más rápidamente posible, esto ha tenido como consecuencia mayor concentración y velocidad. Las transformaciones radicales de todos los sistemas hidrográficos preexistentes y la política de sustitución por colectores, o el confinamiento, han ocasionado que la capacidad de conducción sea sólo de 30% del agua que se precipita en el valle de acuerdo con los datos del SIAPA, 2012 (Valdivia, *et al.*, 2014).

Para conocer la infraestructura existente para la gestión del agua pluvial en la colonia Chapalita, se entrevistó al gerente de Residentes de Chapalita A.C. el Arq. Carlos Sánchez Sahagún (2016), quien mencionó que “la colonia tiene su propia infraestructura para la gestión del agua pluvial desde hace 30 años aproximadamente, es un sistema de 200 pozos de absorción que se operan en la colonia (figura 52), de los cuales, uno es considerado como contaminado, dos son considerados como peligrosos y tres ciegos. Sin embargo, en la mayoría de las viviendas de la colonia el agua [pluvial] se está enviando [vierte] al drenaje”.

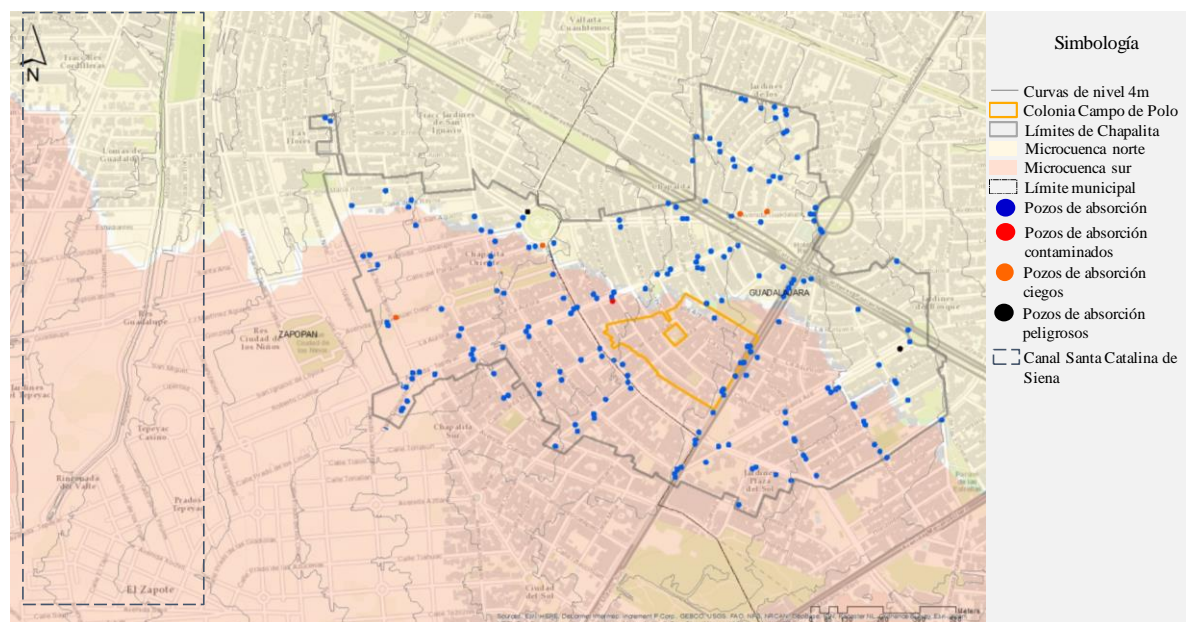


Figura 52. Pozos de absorción de la colonia Chapalita.

Fuente: Elaboración propia con sources Esri y planos digitales RCH (2016).

El gerente también dijo que “a 1 km de Chapalita se construyó el canal de Santa Catalina de Siena (figura 53) es una estructura de control y retención del escurrimiento que va hacia la colonia, su función es mitigar los riesgos de inundación por la precipitación, se extiende desde la Av. Mariano Otero hasta la calle Santa Catalina de Siena, sin embargo, ya no cumple con su función, esto ocurrió gracias a estos errores: 1. Las quejas de los vecinos provocaron

la obstrucción del tramo que va de Av. Moctezuma hasta Tepeyac (es un parque arriba) (figura 53) para que el canal cumpla otra vez su función hay que volverlo abrir y darle continuidad; 2. En el tramo de las avenidas Patria y Tepeyac el canal está prácticamente inexistente, es decir, únicamente se comunica por tubería, no hay receptividad en el subsuelo; 3. Los escurrimientos entre la Av. Patria y Clouthier, bajan hacia Chapalita y se depositan en la pendiente de la Av. Guadalupe”.



Figura 53. Canal Santa Catalina de Siena.

Fuente: Propia (2016).

Usos actuales del agua pluvial

“El agua superficial, prácticamente no es aprovechada al no existir sitios propicios. Además, varios de los cauces por donde escurrían naturalmente las aguas de lluvia ya fueron convertidos en drenajes pluviales y otros son combinados con aguas residuales. Del total de los volúmenes de escurrimiento, una parte se infiltra al subsuelo a través de pozos de absorción construidos en la ZMG desde hace más de 50 años” (Geoex-SIAPA 2003).

6.7. Gestión de las aguas residuales

La captación y desalojo de las aguas servidas tiene su origen en un sistema de manejo combinado con las aguas pluviales.

En cuanto a la evolución de la construcción de la infraestructura de la colonia Chapalita el gerente de RCH, el Arq. Carlos Sánchez, en conversación personal (2016) dijo lo siguiente: “cuando se empieza a fraccionar Chapalita no había drenaje, entonces al fraccionador le exigieron que haga una línea después del monumento de niños héroes hasta Chapultepec, esa línea queda en propiedad del fraccionador y después se transfiere a la asociación Residentes de Chapalita entonces es de nosotros”. “En los años 60’s fue la primera conexión de Chapalita a la red del drenaje urbano al construirse el Colector de la Calzada de la Victoria, que cruzaba la colonia Del Fresno y Jardines del Bosque” (Gómez Sustaita, 2003).

De acuerdo con Martínez (1977) el sistema de alcantarillado de aguas sanitarias al que se conecta la colonia Chapalita (figura 54), se construyó en 1975, el colector de López Mateos entre la Av. Lázaro Cárdenas y la glorieta del sol, este tramo que quedó pendiente desde 1968. Se trata de un Colector Interceptor de la cuenca del río San Juan de Dios, que drena el área entre la Av. López Mateos y Boulevard las cordilleras, las colonias Chapalita y Ciudad del sol, aliviando los escurrimientos al oriente, también se construyeron los subcolectores Tepeyac (longitud: 1,300 m, caudal máximo 3.5 m³, subcolector afluente del subcolector Las

Torres) y Guadalupe (longitud: 2,144 m, caudal máximo 4.2 m³, subcolector afluente del subcolector Las Torres).

Se ha emprendido la construcción de macro plantas como Agua Prieta para lograr el saneamiento de las aguas residuales de la ZMG, se ubica en la parte norte de la cuenca de Atemajac sobre la carretera a Saltillo en la parte sur del tanque regulador Valentín Gómez Farías de la CFE, se diseñó y construyó para la estabilización anaerobia de los lodos producidos, su capacidad de tratamiento es de 8,500 litros por segundo, para descargar a cuerpo de agua tipo “B” (figura 55) (Gobierno de Jalisco, 2014).



Figura 54. Sistema de colectores y subcolectores ZMG-Chapalita 1975.
Fuente: Díaz (2016).



Figura 55. Planta de tratamiento de aguas residuales Agua Prieta.
Fuente: Gobierno de Jalisco (2014) y Google maps (2017).

Para identificar la existencia de infraestructura *in situ* que permita el tratamiento y reutilización del agua residual en la colonia, en comunicación personal con el gerente de

RCH, el Arq. Carlos Sánchez, (2016), respondió lo siguiente: “la red de drenaje es propia (atarjeas, tubería, etc.), pero va a dar a la red de alcantarillado municipal y éste apenas empezó a tratar las aguas residuales, con la planta de Agua Prieta, sin embargo, no sé qué nivel de eficiencia tenga”.

También, se tuvo una comunicación personal con el Ing. Carlos Aguirre (2016) experto del SIAPA, se le cuestionó sobre el mismo tema y respondió que “la colonia Chapalita tiene un sistema propio para la gestión del agua residual y que habría que rehabilitarla por completo porque ya cumplió su vida útil (hizo referencia al drenaje de la colonia), la colonia está conectada a la red de alcantarillado municipal combinado”. Por lo tanto, se determinó que no se reutilizan las aguas residuales *in situ*.

6.8. Riesgos hídricos

6.8.1. Contaminación del agua

Aguas subterráneas

En el estudio de Geoex-SIAPA (2003) demostró la existencia de contaminantes fuera de la Norma Oficial Mexicana a través de los análisis hidrogeoquímicos realizados en el acuífero de Atemajac reportaron concentraciones en: F (34%), Fe (27%), NO (11%), STD (12%), pH (13%), As (6%), su origen se atribuye principalmente al carácter formacional de las unidades estratigráficas que alojan los acuíferos y/o a procesos endógenos ligados a sistemas geotermiales profundos aún activos. Los resultados analíticos de flúor sobrepasan los límites establecidos en la norma, la concentración y distribución espacial del hierro (Fe), se presenta con valores significativos en algunos pozos profundos en la cuenca, las anomalías son inducidas por la oxidación de minerales ferromagnesianos accesorios de las rocas máficas del grupo Río Santiago y eventualmente por enmohecimiento de los ademes acero-carbón instalados. Los resultados isotópicos de tritio ambiental en agua subterránea sugieren un período de 40 años como máximo en su trayectoria de la zona de recarga a la de descarga.

Por la actividad antropogénica, se han inducido contaminantes como: los nitratos (NO_3) que se relacionan a procesos exógenos y la concentración de sólidos totales disueltos (STD) en los aprovechamientos de la cuenca que arrojaron los siguientes promedios: 256 ppm en pozos, 297 ppm en manantiales y 390 ppm en norias, resultados que se consideran de buena calidad. Algunas fuentes de abastecimiento alcanzaron máximos hasta de: 2320 ppm (pozo, la temperatura del agua también se considera como un contaminante, en la cuenca de Atemajac se manifestó con predominio entre 25° y 30° C, incluyendo zonas muy localizadas con temperaturas entre 30° y 35° C, incluyendo dos pozos con valores superiores a 38° C (Geoex-SIAPA, 2003).

6.8.2. Fuentes potenciales de contaminación del agua

Fugas en la red de alcantarillado

La norma técnica NT-006-CNA-2001 se basa en la Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA-1995 “Sistemas de alcantarillado sanitario Especificaciones de hermeticidad” (tabla 18) con el objeto de evitar pérdidas de agua y la contaminación de los acuíferos y suelos por fugas y/o fallas en las uniones de los elementos que conforman el sistema de

alcantarillado sanitario que trabajen a superficie libre (descargas domiciliarias, tuberías, pozos, etc.) y garantizar la hermeticidad del sistema (CONAGUA, 2009). Este se clasifica de acuerdo con la vida útil.

Por lo anterior, la edad de la red de alcantarillado es un factor importante para determinar la existencia de fugas de aguas servidas, como se mencionó anteriormente las aguas residuales de Chapalita se canalizan a la red municipal, por lo tanto, se investigó la edad aproximada del sistema de colectores:

El sistema actual, es combinado de aguas negras y aguas pluviales y su vida útil ya se cumplió (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2015). Las edades de las tuberías de las redes de atarjeas son similares a las de la red de agua potable, aunque no se cuenta con información gráfica de ello, para darse una idea, se puede tomar como referencia la figura 50 (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2017). En el plan parcial del municipio de Zapopan no se especifican datos de la antigüedad aproximada de la red.

Los análisis bacteriológicos detectaron contaminación de manantiales por presencia de bacterias coliformes, su origen se atribuye a fugas en los sistemas de drenaje municipal (Geoex-SIAPA, 2003).

De acuerdo con Díaz (1991), en 1973 fue rehabilitada gran parte de la colonia Chapalita, en sus sistemas de agua potable, drenaje y pavimento, con excepción de la cuarta sección, se recurrió a la misma fuente para investigar la antigüedad de la infraestructura, en conversación personal con Díaz (2016) mencionó que “no se ha realizado ningún trabajo de rehabilitación en la colonia desde 1973”. Por lo tanto, la infraestructura de 3 secciones de la colonia tiene 45 años de antigüedad y la cuarta sección tiene aproximadamente la edad de la colonia.

Respecto a los problemas con la infraestructura los 36 residentes encuestados (2016) dijeron lo siguiente: “Si fuera la cuarta sección yo tendría temor por la contaminación que generan las fugas en el drenaje, el agua sale color café después de una tormenta y con una red interconectada, entonces no tenemos muy buena agua. La cuarta sección siempre ha tenido el problema con el agua café, hay mucha contaminación por el drenaje, porque, nunca han permitido que se sustituya su tubería, hace años querían solucionar el problema del drenaje, la red de agua potable y las calles, pero, hubo una oposición fuerte de un vecino que movió a todos, ya se tenía el crédito y todo, pero por sus intereses, movió a los demás, no se cambió el drenaje. La gente no es consciente sobre el agua, hay que presionar en la cuarta sección para que cambien sus drenajes porque la contaminación que genera perjudica a los vecinos porque la red de agua potable está interconectada”.

“Hay muchas fugas en la red de agua y en el drenaje, hace poco se inundó mi patio y nos dimos cuenta de que estaba totalmente fracturada la cañería de barro por las raíces de los árboles, entonces se abrió todo el jardín para sustituir esa tubería, hay una necesidad de renovar la infraestructura hidrosanitaria, ahí hay muchas fugas, también afecta la antigüedad de las casas, los aljibes muchos están perforados por las raíces de los árboles. Se requiere hacer cambios en las casas y en la infraestructura porque la colonia ya es muy vieja y sus

drenajes siguen siendo de barro, entonces hay que cambiarlo porque con los movimientos telúricos hasta los más leves, el barro se quiebra, entonces hay que hacer conciencia con todos los vecinos para cambiar la tubería de barro por PVC para evitar esos desperdicios de agua, porque el barro se deshace con la misma humedad, por eso hay muchas fugas” (*conversación personal con 36 residentes, 2016*).

Contaminación del agua superficial por los automóviles

Por su cercanía, los datos se tomaron de la Estación de Monitoreo Atmosférico “Vallarta” en adelante VAL, con Coordenadas Geográficas: latitud 20°40'48“, longitud -103°23'54" UTM: X: 666761 m E, Y: 2287553. m N, Altitud: 1640 msnm, ubicada en Coras No. 3479 entre Lacandones y Rincón del Nardo, Col. Residencial Juan Manuel, Zapopan, Jalisco C.P. 44690, sobre la Plaza México (figura 56) (Gobierno de Jalisco, 2017).

La presencia de contaminantes en el aire afecta fuertemente a la población y genera daño a los ecosistemas, provocando fenómenos como la lluvia ácida (Gobierno de Jalisco, 2011).

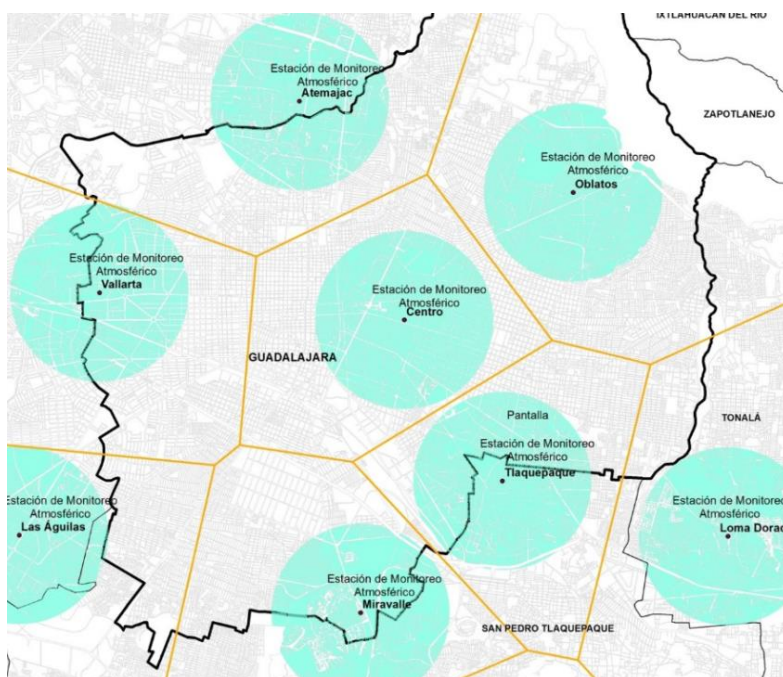


Figura 56. Estaciones de monitoreo atmosférico ZMG.

Fuente: Gobierno de Jalisco (2015).

De la población total del Estado, más de la mitad habita en la ZMG, los municipios de Guadalajara y Zapopan concentran la mayor parte (figura 57), además presentan un incremento poblacional y el ingreso de más vehículos automotores en circulación, según las estimaciones realizadas por INEGI, se observa un crecimiento de vehículos en circulación muy pronunciado a partir del año 2001 (figura 58) (Gobierno de Jalisco, 2015).

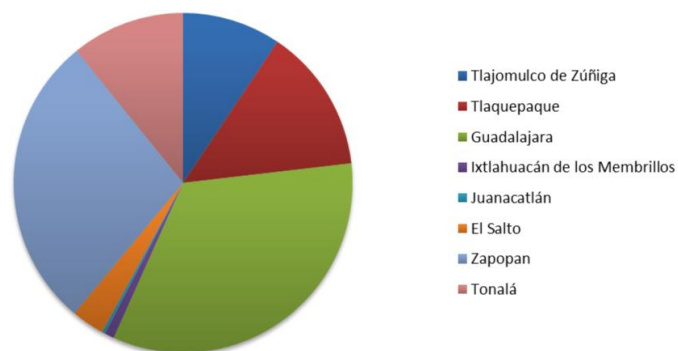


Figura 57. Distribución poblacional por municipio, del área Metropolitana Censo 2010.
Fuente: INEGI, en Gobierno de Jalisco (2015).

“Con el aumento de la población, se presentó también un incremento de la flota vehicular, en 1980 tenía una relación de 9.8 habitantes por automóvil (509 mil automóviles), mientras que para el año del 2009 llegó a 3 habitantes por automóvil, es decir 2.5 millones de autos (SEFIN, 2010). Guadalajara es el Municipio con mayor número de autos registrados (47%), seguido del Municipio de Zapopan (32%)” (Gobierno de Jalisco, 2011). El 2015, se estimó 2.2 habitantes por vehículo, estas condiciones favorecen la mala calidad del aire y la generación de problemas ambientales (figuras 58, 59, 60, 61 y 62) (Gobierno de Jalisco, 2015).

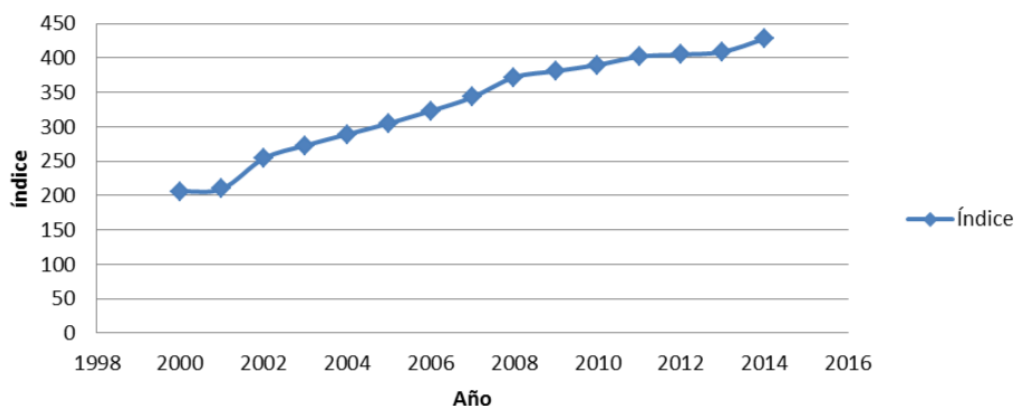


Figura 58. Índice de motorización para el Estado de Jalisco 2000-2014.
Fuente: INEGI, en Gobierno de Jalisco (2015).

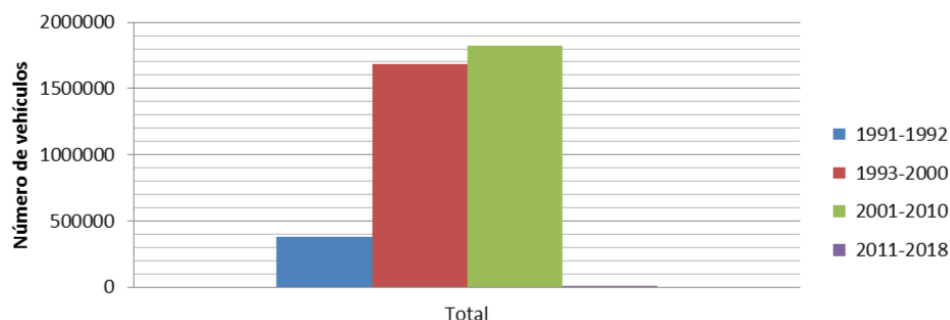
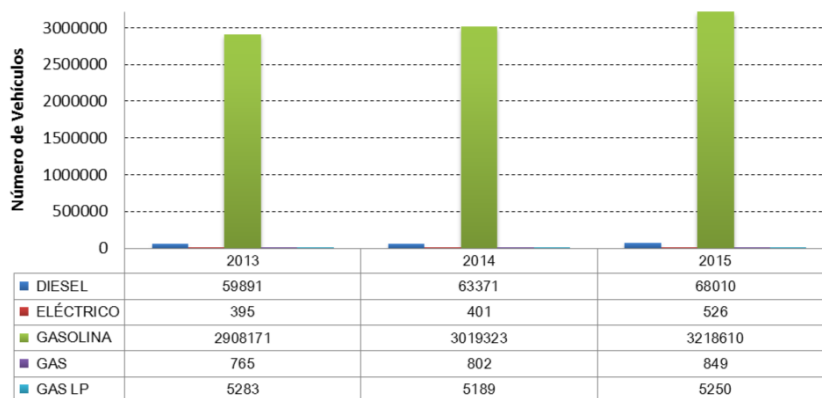
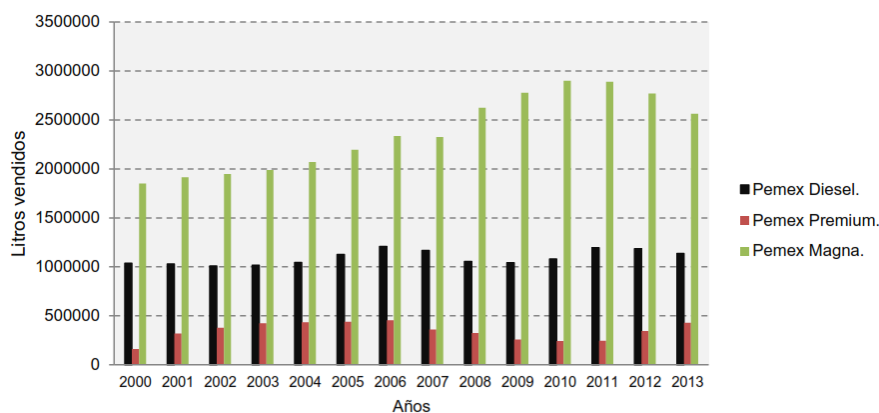
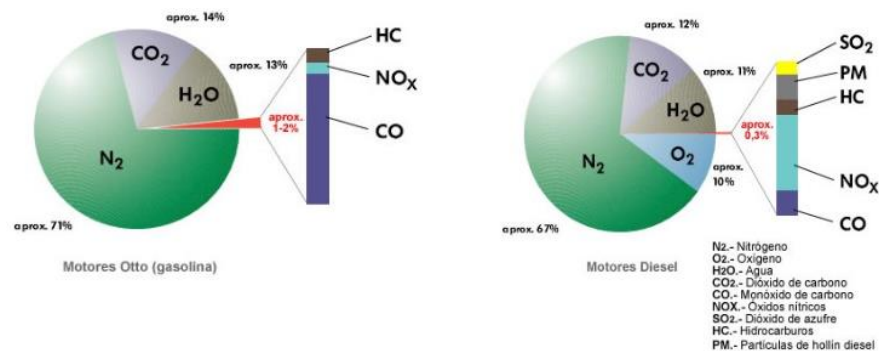


Figura 59. Antigüedad del parque vehicular en circulación durante el 2015.
Fuente: SEPAF, en Gobierno de Jalisco (2015).



“La Secretaría de Finanzas del Estado de Jalisco (SEFIN) estima que, del total de la flota vehicular de la ZMG, cerca del 50% tiene una antigüedad mayor de 15 años y no cuentan con convertidor catalítico para el control de sus emisiones” (Gobierno de Jalisco, 2011). “En los últimos años, los vehículos en circulación se han dividido en cinco categorías de antigüedad. Los modelos del 2001-2010 son los que más circulan en el Estado” (Gobierno de Jalisco, 2015).

Lo anterior, se convierte en un problema por las emisiones de los automóviles. De acuerdo con el trabajo de Gardiner (2006), una de las fuentes de la contaminación del agua está en el aire, puede llegar a los acuíferos por dos vías, en la primera caen como partículas secas y en la segunda a través de la lluvia, los contaminantes que enlista la autora son:

1. Compuestos de nitrógeno: aumentan la acidez de los cuerpos de agua.
2. Dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno: Ambos contaminantes del aire se disuelven en vapor de agua para formar ácido. El vapor de agua ácida se condensa en las nubes y finalmente cae como precipitación "lluvia ácida" y eventualmente ingresa a los cuerpos de agua aumentando su acidez.
3. Mercurio: es liberado a la atmósfera por personas, principalmente por la quema de desechos, y por la quema de combustibles fósiles como el carbón. Las bacterias en el agua lo transforman en metil mercurio venenoso.

Otro problema asociado con la contaminación de los automóviles es el vertido no controlado de aceite automotriz en el alcantarillado impacta cuerpos de agua, ya que, produce en ellos una capa impenetrable de oxígeno, con ello, causa la muerte de seres vivos que ahí habitan. Además, este aceite contiene partículas que al combinarse con el agua pueden disolverse fácilmente y filtrarse en los acuíferos (Barrera y Velecela, 2015).

Contaminación del agua superficial por escorrentía

Los sulfatos tienen una representación notable en la subcuenca San Juan de Dios, compuestos que pueden ser generados por lixiviación de sulfuros primarios de hierro y/o disolución de minerales secundarios de yeso y/o actividades antropogénicas, procesos que son favorecidos por la acción del agua meteórica y las fugas de las redes municipales de agua potable y drenaje (Geoex-SIAPA, 2003).

Inundaciones

Las inundaciones en la ZMG se han registrado desde finales del siglo XIX y principios del XX (15 inundaciones en total) (figuras 63 a la 68), el mayor incremento se observó a partir de 1970; el problema aumentó por la urbanización en el Valle de Atemajac en los últimos 70 años, con ello, se perdió la mayoría de los cauces principales y secundarios desarticulando todo el sistema natural, a esta situación le agregamos, la combinación de factores como: el aumento en la incidencia de las tormentas, la expansión de la superficie urbana, impactos negativos en los sistemas hidrográficos, sistemas hidráulicos obsoletos y asentamientos humanos en zonas de riesgo (Valdivia, et al. 2014).

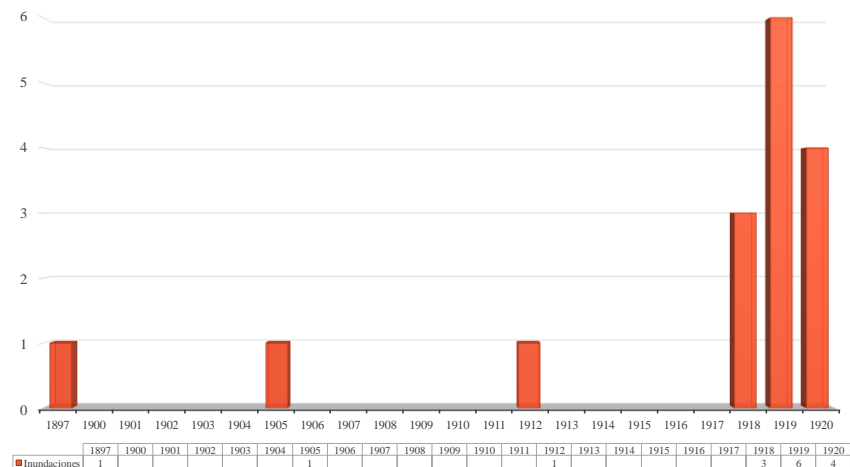


Figura 63. Inundaciones históricas 1897-1920.

Fuente: Elaborado con base en Valdivia (2014).

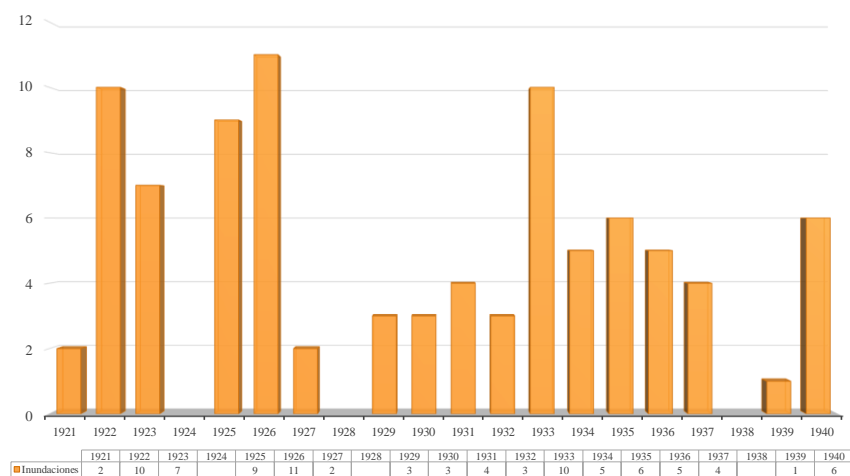


Figura 64. Inundaciones históricas 1921-1940.

Fuente: Elaborado con base en Valdivia (2014).

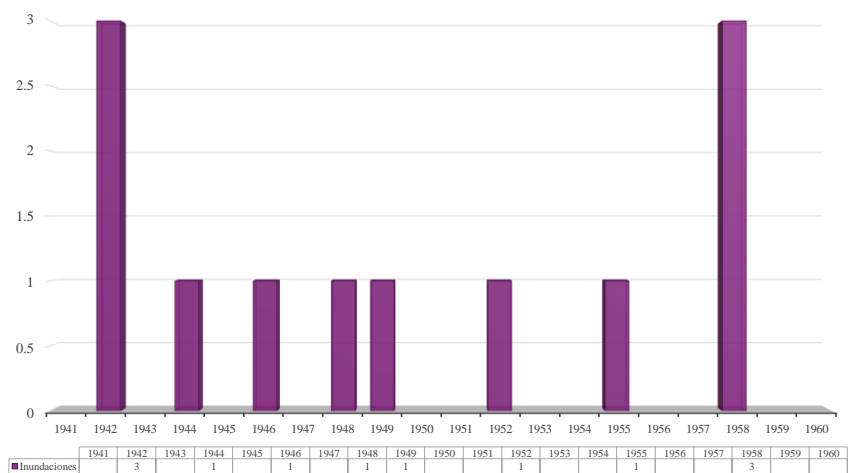


Figura 65. Inundaciones históricas 1941-1960.

Fuente: Elaborado con base en Valdivia (2014).

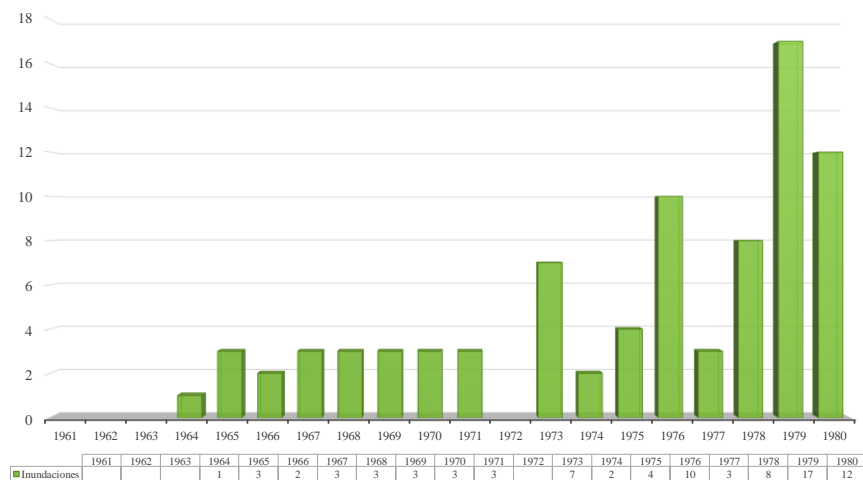


Figura 66. Inundaciones históricas 1961-1980.
Fuente: Elaborado con base en Valdivia (2014).

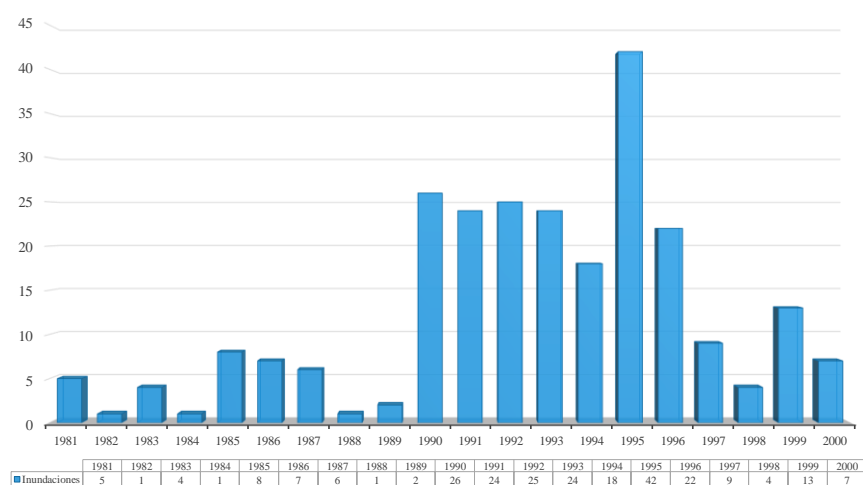


Figura 67. Inundaciones históricas 1981-2000.
Fuente: Elaborado con base en Valdivia (2014).

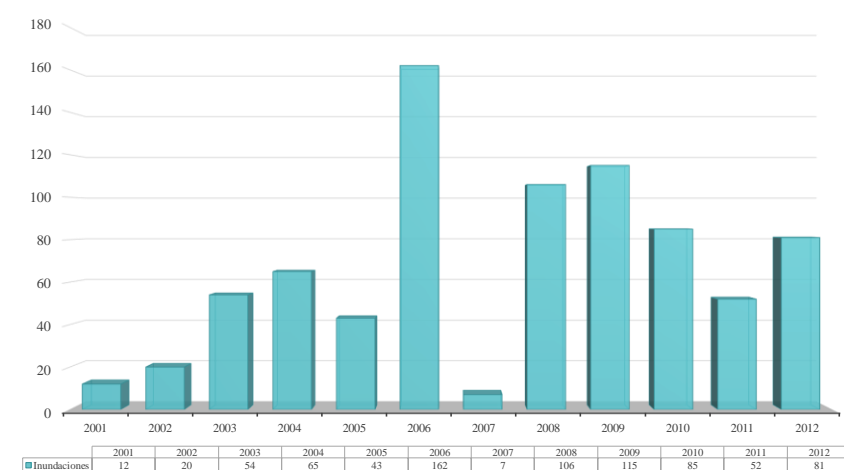


Figura 68. Inundaciones históricas 2001-2012.
Fuente: Elaborado con base en Valdivia (2014).

Con los datos generados por el Departamento de Geografía y Ordenación Territorial del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades (CUCSH), se identificaron a largo de la historia de la Colonia Chapalita y alrededores, 70 eventos de inundación durante 1983-2015 que se presentan en el anexo 6 (figuras 69 a la 71), esto se debe a que la red de alcantarillado de la ZMG, no sólo desahogan las aguas negras, también el agua pluvial vertida sobre las vialidades, cada temporal de lluvias (figura 72) (Gobierno Municipal de Zapopan, 2016).

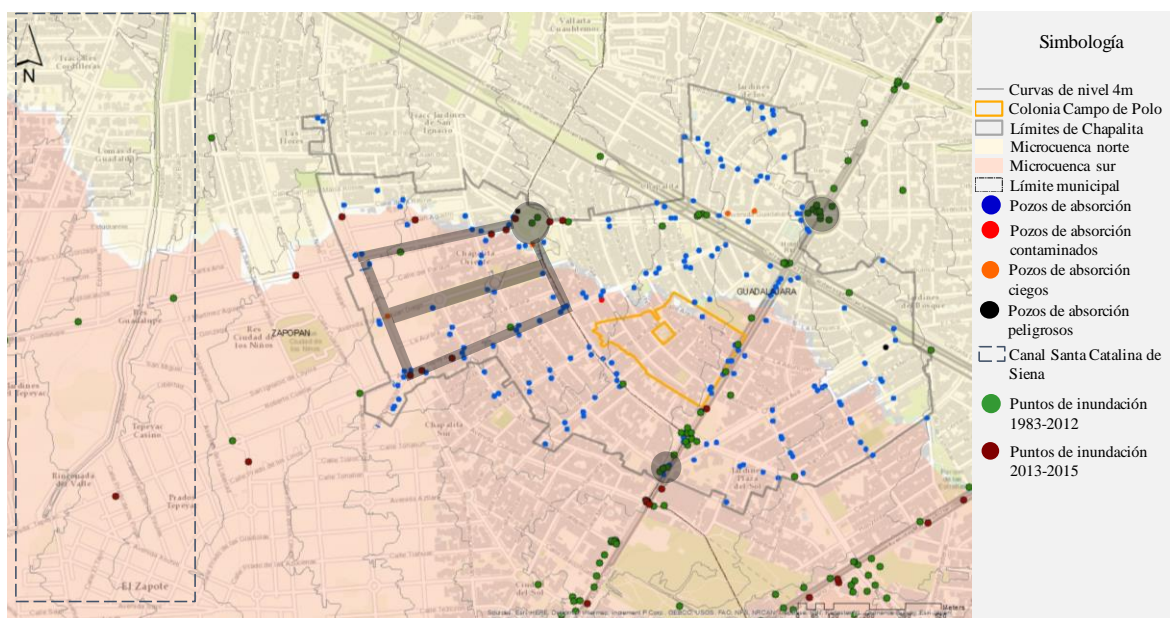


Figura 69. Ubicación de inundaciones históricas Chapalita 1983-2015.

Fuente: Elaborado con sources Esri y datos CUCSH (2017).

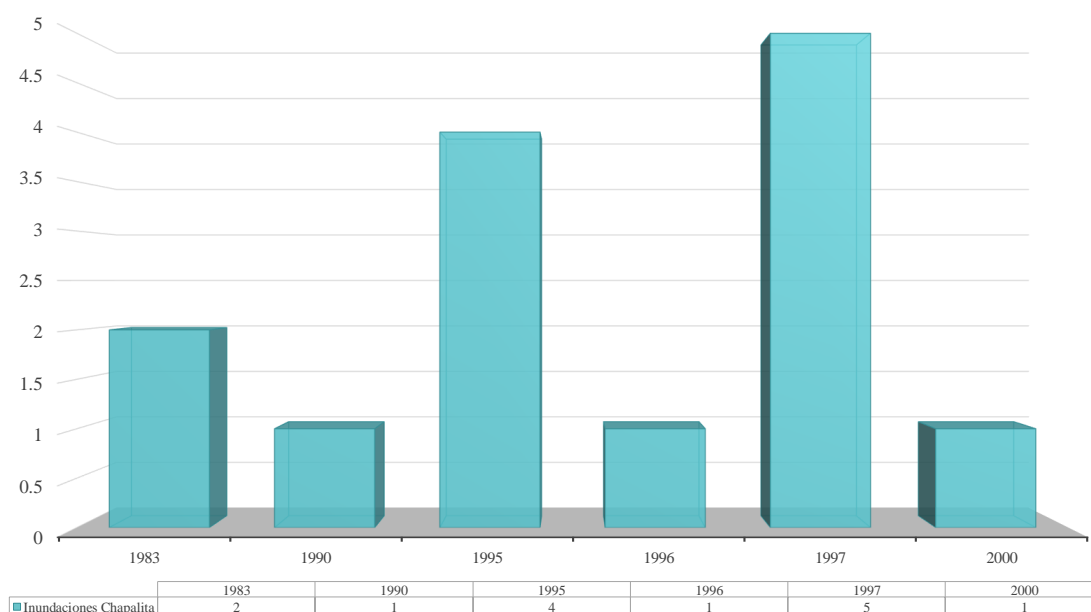


Figura 70. Inundaciones históricas Chapalita 1983-2000.

Fuente: CUCSH (2017).

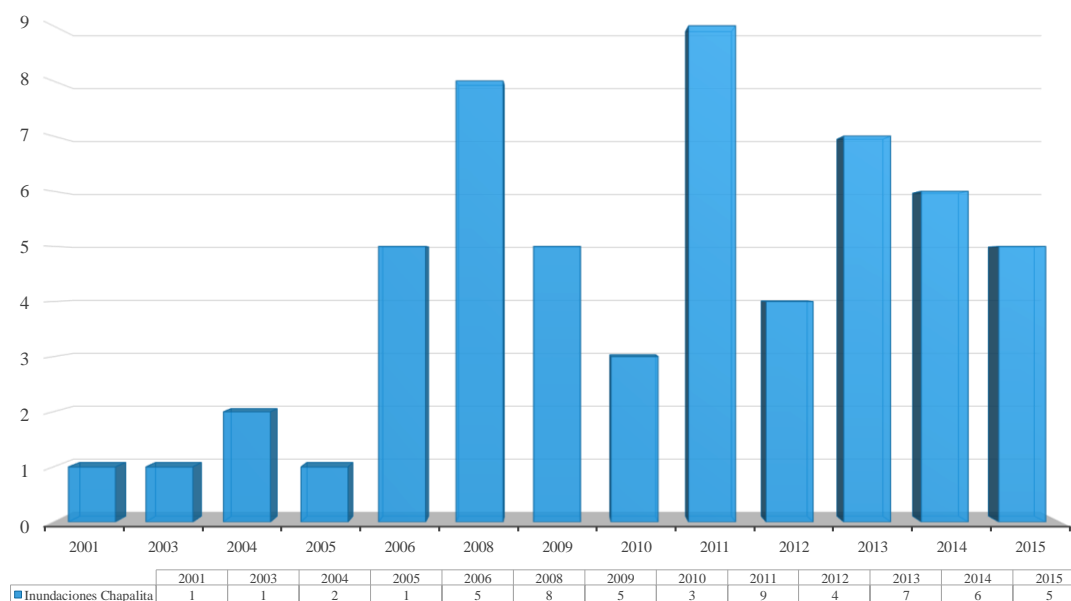


Figura 71. Inundaciones históricas Chapalita 2001-2015.

Fuente: CUCSH (2017).

La captación y desalojo de las aguas servidas en el Municipio de Guadalajara tiene su origen en un sistema de manejo combinado con las aguas pluviales (figura 72), esto provoca su saturación y colapso, porque, los gastos se acumulan en temporadas de lluvias. Una de las cuencas más grandes es la San Juan de Dios (representa el 66% de la superficie del territorio), con un caudal pico de hasta 1'812,925.58 l/s. En el distrito 2 Minerva, los escurrimientos se dirigen hacia el nororiente, por consiguiente, el sistema de colectores que desaloja las aguas residuales y pluviales se encuentra en esta misma dirección, Chapalita se ubica en la subcuenca San Juan de Dios, sus escurrimientos generales son hacia el nororiente (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2017).

El cálculo para un periodo de retorno de 50 años considera los siguientes supuestos: la precipitación de una hora puede ser de hasta 64 mm, y la impermeabilización del territorio del municipio alcanza el 70%, es decir, un coeficiente de escurrimiento de 0.7. Este gasto es exorbitante, comparado con el gasto del drenaje sanitario, pues representa hasta 317 veces el gasto esperado para su descarga en la red del drenaje sanitario (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2017).

La capacidad actual de los colectores presentes en el Distrito Urbano ZPN-5 “Vallarta-Patria” es suficiente para el gasto diario de la población que reside en él, es decir, el gasto medio que se calculó es de 180.15 l/s de aportaciones de aguas negras y el gasto mínimo es de 216.18 l/s. y el gasto máximo instantáneo es de 270.22 l/s. En promedio los colectores en el distrito tienen una capacidad mínima de 644.89 l/s y una capacidad máxima de 10,748.25 l/s y el gasto máximo extraordinario es de 1,081.41 l/s (figura 72) (Gobierno Municipal de Zapopan, 2016).

La capacidad actual de los colectores presentes en el Distrito Urbano ZPN-6 “Las Águilas” es suficiente para el gasto diario de la población que reside en él, es decir, el gasto medio es de 33.46 l/s de aportaciones de aguas negras y el gasto máximo diario es de 466.85 l/s y el gasto máximo horario es de 723.61 l/s. En promedio los colectores tienen una capacidad mínima de 272.74 l/s y una capacidad máxima de 4,545.72 l/s y el gasto máximo extraordinario es de 1,160.14 l/s (figura 72) (Gobierno Municipal de Zapopan, 2016).

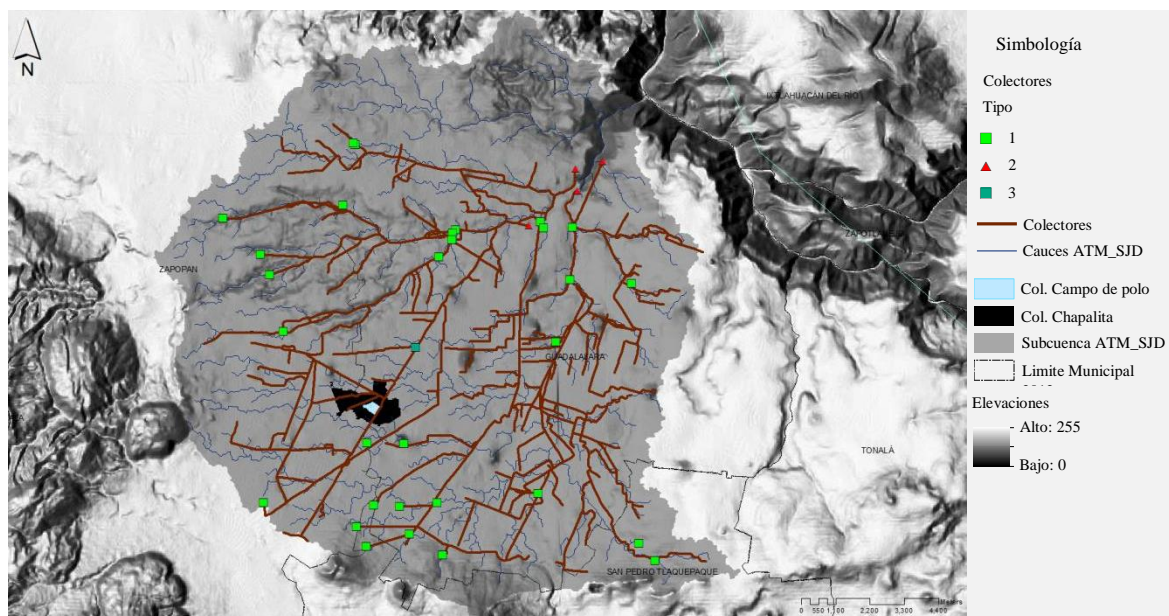


Figura 72. Sistema de colectores ZMG.

Fuente: Elaborado con datos del CUCSH, subcuenca San Juan de Dios elaborado por Díaz Torres y planos proporcionados por Residentes de Chapalita A.C. (2016).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En concordancia con el planteamiento metodológico y el planteamiento anterior, los componentes del modelo se definieron en función de los siguientes elementos: 1. La ecuación general del balance hídrico (ecuación 1) considerando las principales entradas y salidas en conjunto con los procesos de acumulación (Mitchell *et al.*, 2001); 2. La clasificación de la huella hídrica (AgroDer, 2012) y 3. Las escalas espaciales aportadas por Mitchell *et al.* (2001), 1. El bloque de unidad; 2. El clúster; 3. La cuenca que se describen en este capítulo.

7.1. Componentes del modelo

7.1.1. Hidráulica de los pozos de abastecimiento

La hidráulica de los pozos de la colonia Chapalita se obtuvo del análisis del estudio Geoex-SIAPA en el que se realizaron pruebas de bombeo y se determinaron parámetros hidrogeológicos, con esa información se generaron cortes litológicos que se construyeron con base en la interpretación de los resultados obtenidos de los 53 pozos muestreados en el acuífero de Atemajac, para complementar también se utilizó un estudio de agua potable que se realizó para la colonia, una vez reunida y analizada la información fue posible adaptar datos que permitieron construir un contexto general de las fuentes de abastecimiento en el que se pueda visualizar factores que afectan a los pozos de abastecimiento de la colonia.

En la figura 73 en color rojo se muestran los 53 pozos muestreados y en color azul se marcaron los pozos que se tomaron como marco de referencia para delimitar el polígono o área de influencia en color verde que por su ubicación geográfica están cercanos a los pozos de la colonia Chapalita, estos son:

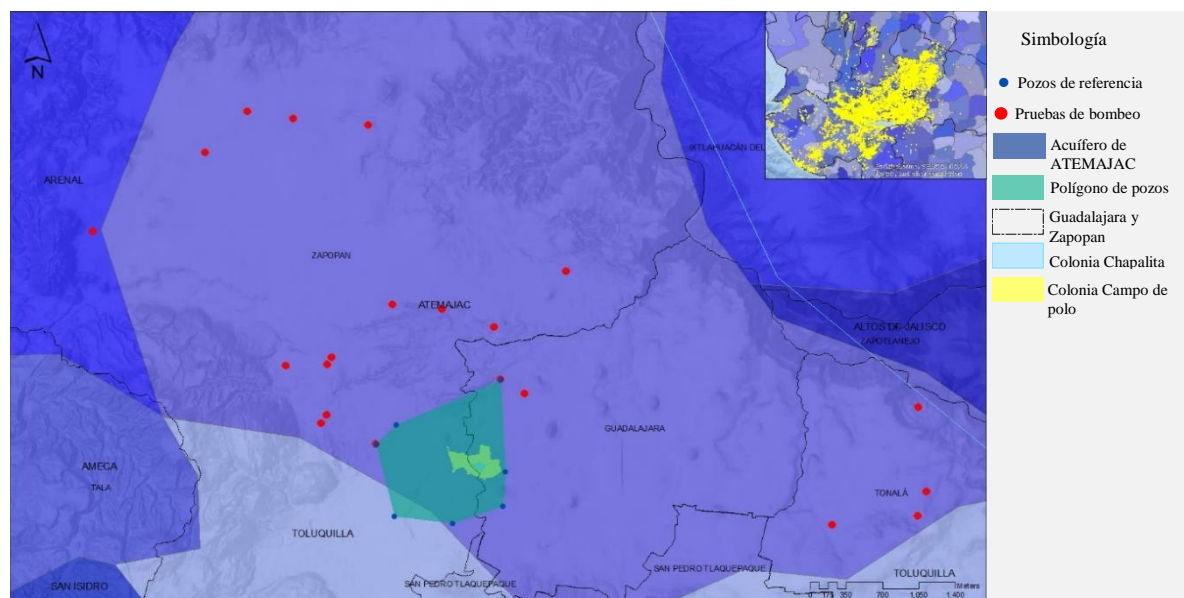


Figura 73. Pozos de referencia cercanos a la colonia Chapalita.

Fuente: Elaborado con datos del estudio Geoex-SIAPA (2003), Disponibilidad media anual CONAGUA (2015) y planos digitales RCH (2016).

- Parque Metropolitano,
- Plaza Hemisferia,
- Parque Italia,
- Bosques de la Victoria,
- Jardines del Bosque,
- Loma Bonita 3 y
- Colli 1 y 2.

Características geológico-estructurales en pozos de referencia

En la Cuenca de Atemajac se distinguen dos unidades hidroestratigráficas: un acuífero superior de tipo libre y un acuífero inferior de tipo semiconfinado alojado en rocas volcánicas del grupo Guadalajara del Terciario, época Plioceno (Geoex-SIAPA, 2003).

Con la descripción de los parámetros hidráulicos se dieron a conocer las condiciones hidráulicas del acuífero, su distribución espacial y establecer su dominio, los cuales determinaron la evaluación y prospección geohidrológica (Geoex-SIAPA, 2003). En la tabla 20 se presenta un resumen de los parámetros obtenidos en los pozos cercanos al área de estudio, después se describen las características geológico-estructurales de cada uno de ellos.

Los pozos que se utilizaron para caracterizar la hidráulica del pozo Niño Obrero (figura 74) son: Parque Metropolitano, Colli 1 y 2 que se describen a continuación:

En el pozo Parque Metropolitano, la Toba Tala se extiende lateralmente al oriente con espesor de 138 m (Geoex-SIAPA, 2003).

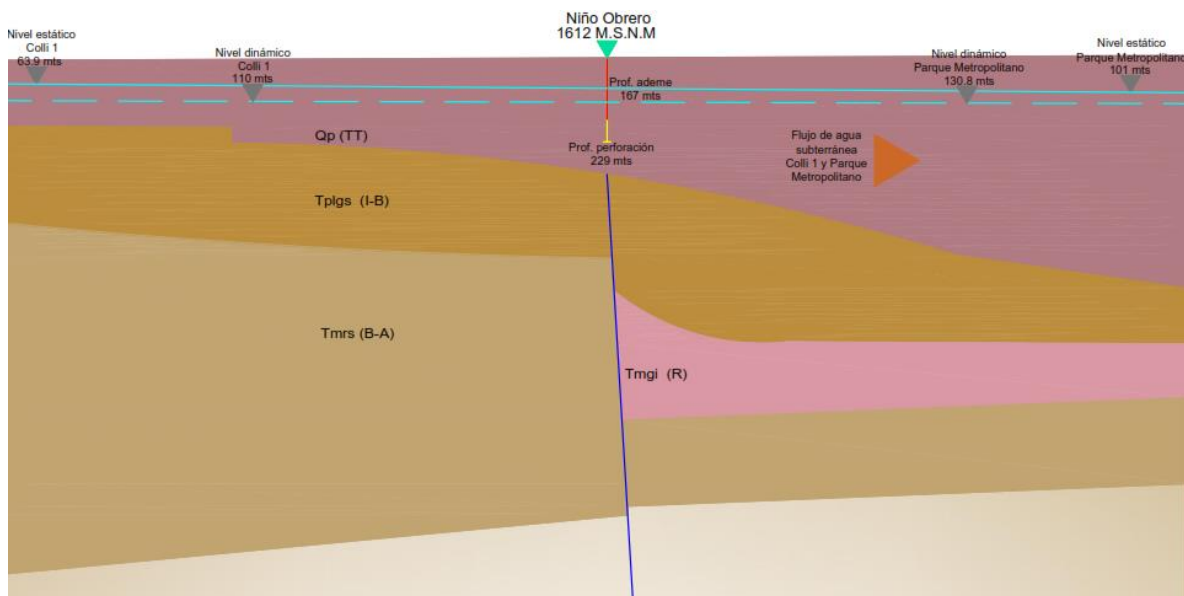


Figura 74. Hidráulica del pozo Niño Obrero.
Fuente: Adaptado con base en el estudio Geoex-SIAPA (2003).

Tabla 20

Parámetros geohidrológicos de pozos cercanos a Chapalita.

POZO	ELEV. BROCAL	ELEV. NE	ESPESOR TOBA TALA	ELEV. BASE TOBA TALA	DIF. ELEV. NE-TT	PTP
Parque Metropolitano	1660	1555	138	1522	33	300
Plaza Hemisferia	1642	1555	84	1558	-3	300
Bosques de la Victoria	1586	1519	68	1518	1	200
SIAPA Colli 1	1631	1567	88	1543	24	300
Jardines del Bosque	1588	1558	48	1540	18	250
Loma Bonita 3	1609	1563	108	1501	62	300
Parque Italia	1557	1541	38	1519	22	250

Fuente: Geoex-SIAPA (2003).

Los pozos que se utilizaron para caracterizar la hidráulica de los pozos Pocito y las Rosas (figura 75) son: Colli 1 y 2, Loma Bonita 3 y Bosques de la Victoria que se describen a continuación:

La Toba Tala exhibe un espesor máximo de 108 m en el pozo Loma Bonita, sobre un limitado bloque colapsado sin-caldera. Esta unidad se extiende al occidente con un espesor de 86 m (pozo Colli 2). A lo largo de toda la sección, la Toba Tala cubre discordantemente a rocas máficas del grupo Guadalajara inferior (?) y del grupo Río Santiago (Geoex-SIAPA, 2003).

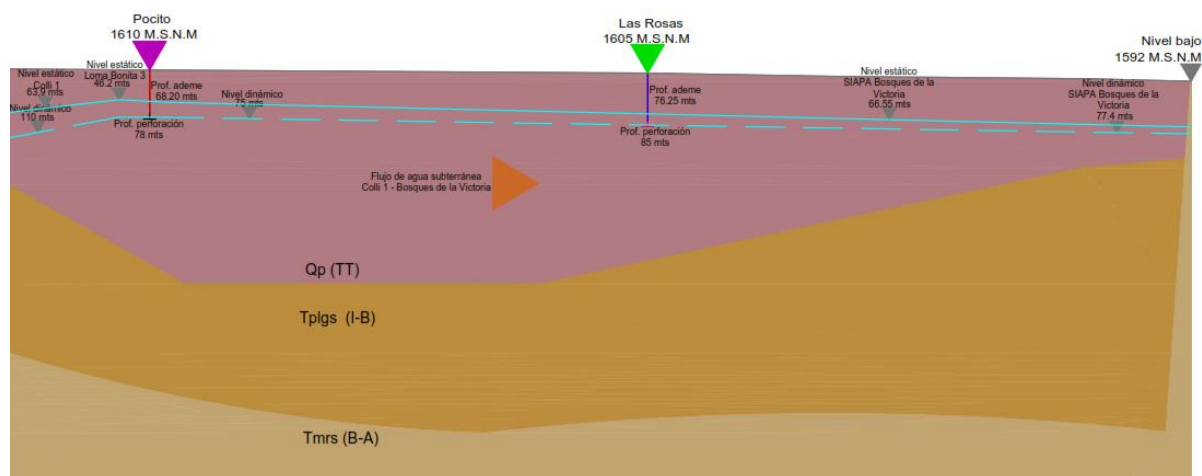


Figura 75. Hidráulica de los pozos Pocito y Las Rosas.

Fuente: Adaptado con base en el estudio Geoex-SIAPA (2003).

Los pozos que se utilizaron para caracterizar la hidráulica de los pozos Ingenieros y Tonántzin (figura 76) son: Bosques de la Victoria, Jardines del Bosque y Parque Italia que se describen a continuación:

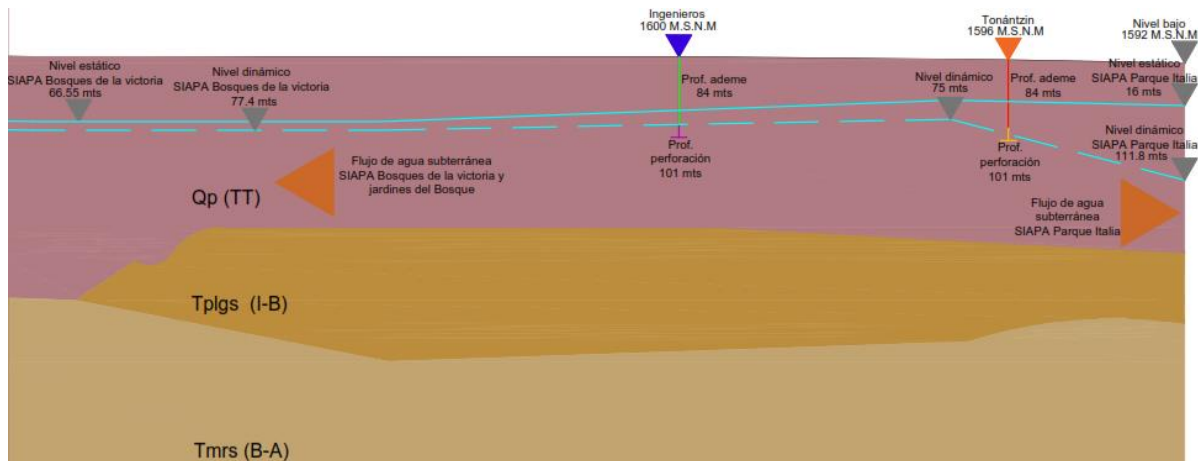


Figura 76. Hidráulica de los pozos Ingenieros y Tonántzin.

Fuente: Adaptado con base en el estudio Geoex-SIAPA (2003).

En los pozos Bosques de la Victoria, Jardines del Bosque y Parque Italia. Debido al paralelismo que guarda esta sección con respecto al CVLP y ubicación geográfica en relación con el centro del valle de Atemajac, la Toba Tala presenta un espesor más o menos uniforme con un máximo de 68 m en los extremos norte y sur en el pozo Bosques de La Victoria. A lo largo de toda la sección, la Toba Tala descansa en discordancia sobre rocas fracturadas del grupo Guadalajara y grupo Río Santiago. Unidades más antiguas que presentan una evolución estructural afectada por fallamientos distensivos pre y sin-caldera (Geoex-SIAPA, 2003).

Un sistema de fallamiento normal en bloques de tendencia norte-sur o un levantamiento del Grupo Río Santiago aparece entre los pozos Bosques de La Victoria y Loma Bonita y entre Parque Italia y Plaza Hemisferia. Las rocas del Grupo Guadalajara no existen en los pozos Bosques de La Victoria y Parque Italia (Geoex-SIAPA, 2003).

En la mayor parte de la cuenca de Atemajac, los contornos estructurales de las unidades litológicas pre-Tala ocurren normalmente a elevaciones entre 1500 y 1550 MSNM. Hacia el margen oriental del Complejo Volcánico La Primavera (CVLP), dentro y adyacente a la estructura colapsada del Bajío de la Arena, donde la base de la Toba Tala presenta elevaciones de 1440 a 1500 msnm, contornos que son el reflejo de las dislocaciones estructurales de alto ángulo que afectaron a esta área durante el desarrollo del CVLP (Geoex-SIAPA, 2003).

Hacia el este de la cuenca de Atemajac, es notable el adelgazamiento de la Toba Tala. Otro rasgo estratigráfico interesante que muestran las isopacas de la Toba Tala, es la marcada disminución de los espesores de esta unidad a lo largo de la estructura este-oeste Colomos (Geoex-SIAPA, 2003).

Hidráulica en pozos de referencia

Las pruebas de bombeo y aforo en pozos que incluyeron mediciones a caudal constante midiendo abatimiento-tiempo. Los abatimientos pueden ser observados en el mismo pozo de bombeo o en pozos de observación próximos a él. La forma del cono de abatimiento que se

produce al bombear agua de un pozo depende de las características hidrodinámicas del acuífero (Geoex-SIAPA, 2003). En la tabla 21 se muestra la Transmisividad (T) y el gasto específico (Qe), de las pruebas de bombeo de los pozos muestreados, de las cuales se seleccionaron los más cercanos a la colonia. El resumen de los niveles estáticos, dinámicos y el abatimiento de los pozos de referencia se presentan en la tabla 22, después se describen los niveles de cada uno de ellos:

Tabla 21

Resultados de las pruebas de bombeo de pozos cercanos a Chapalita.

POZO	Q MAX l/s	NE m	ND m	PTP m	ABAT m	REND.ESP Q / aF l/s/m	Transmisibilidad	
							m ² /s	m ² /día
Parque Ind. Vallarta	10.3	108	145.5	300	37.5	0.26882	0.000268817	23.23
Parque Italia	42	14.5	111.8	250	97.3	0.21277	0.000212766	18.38
Parque Metropolitano	32.4	101	130.8	318	29.8	0.67568	0.000675676	58.38

Fuente: Geoex-SIAPA (2003).

Tabla 22

Pozos de referencia

Elevación	Municipio	Fuente	Uso	NE0 3 (m)	ND0 3 (m)	Abatimient o	Q03 (l/s)	Ademe Φ pulg	PT P (m)
1,660	Zapopan	Parque Metropolitano	Servicios	101	130.8	29.8		10	300
1,642	Zapopan	Hemisferia	Público urbano	87	100	13	7	12	300
1,557	Guadalajara	Parque Italia	Público urbano	14.5	111.8	97.3	21.8 5	14	250
1,631	Zapopan	Colli 1	Público urbano	63.9	110	46.1	13.5 4	12	300
1,609	Zapopan	Loma Bonita 3	Público urbano	46.2	75	28.8	13	12	300
1,586	Guadalajara	Bosques de la Victoria	Público urbano	66.55	77.4	10.85	19	12	200
1,588	Guadalajara	Jardines del Bosque	Público urbano	30	75	45	27	14	250

Fuente: Geoex-SIAPA (2003).

Niveles estáticos en pozos de referencia

En figura 77 se refleja un historial de los niveles estáticos para las fuentes de abastecimiento de la colonia Chapalita a través de las curvas de isoelevación en el que se establece un comparativo de los años 1996 y 2003 que se construyó para la ZMG en el estudio Geoex-SIAPA, las curvas en color turquesa representan el nivel estático del año 1996 y las curvas en color azul representan el año 2003. El nivel estático se aloja en el acuífero libre a una profundidad de 101 m en el pozo Parque Metropolitano (Geoex-SIAPA, 2003).

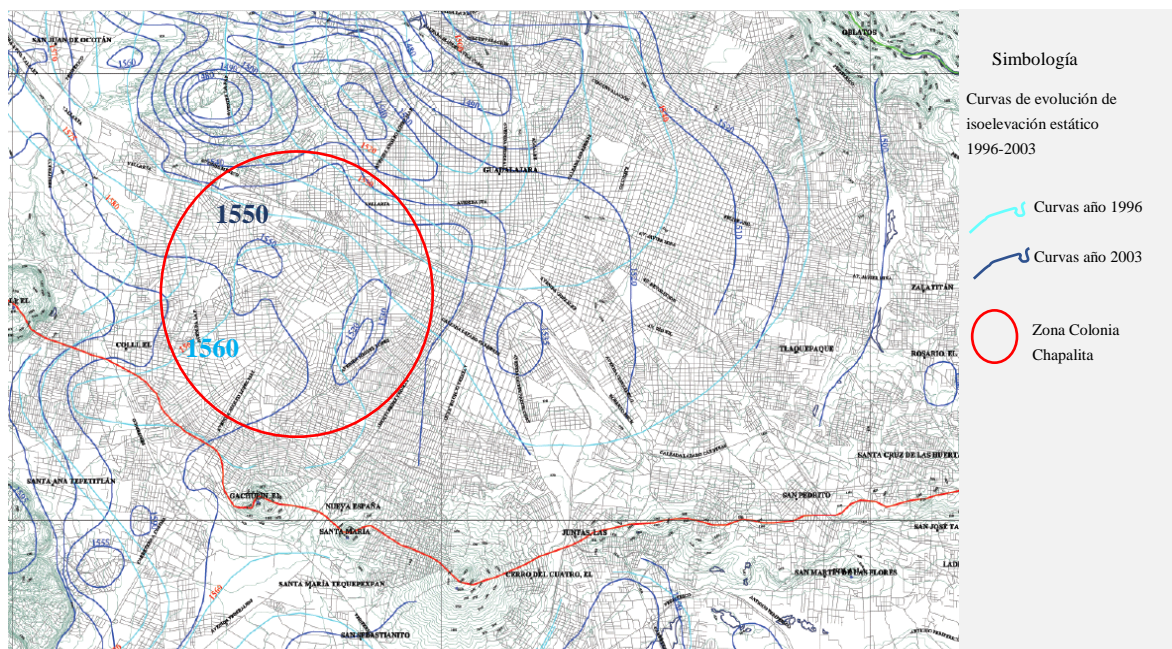


Figura 77. Curvas de evolución de isoelevación 1996-2003.

Fuente: Estudio Geoex-SIAPA (2003).

El nivel estático se aloja en el acuífero libre a profundidades de 76 m, pozo: “Colli 2”, sector que presenta una dirección de flujo preferencial hacia el este, con un gradiente hidráulico del orden de 0.0038, mostrando un notable cono de abatimiento en el pozo Bosques de La Victoria. El nivel estático se aloja en el acuífero libre en la parte centro-occidental de la sección a profundidades variables de 140 a 14.5-16 m, pozos: “Parque Industrial Vallarta” y “Parque Italia”, respectivamente, sector que muestra una dirección de flujo hacia el centro del valle con un gradiente hidráulico de 0.0039. En la porción sur de la sección, el nivel estático se aloja en el acuífero libre a profundidades de 38 a 66.55-68 m, pozos: “Parque Italia” y “Bosques de la Victoria”, respectivamente (Geoex-SIAPA, 2003).

Se tiene como conclusión para el acuífero libre de la cuenca de Atemajac que se aloja en los materiales piroclásticos porosos de la Toba Tala. El acuífero superior de tipo libre alojado en la Toba Tala está prácticamente agotado en la cuenca, existiendo aún reservas en el acuífero semiconfinado inferior emplazado en rocas volcánicas fracturadas pre-Tala. Los rangos de transmisividad calculados fluctúan entre de 3.81×10^{-5} m/s a 2.0×10^{-5} m/s en la cuenca de Atemajac. Durante el período de 1996-2003, en la cuenca de Atemajac se registraron abatimientos promedio de - 2.21 m/año (Geoex-SIAPA, 2003).

Pozos de la colonia Chapalita

Pozo No. 1 Niño Obrero: Está a una elevación de 1612 M.S.N.M (Díaz, 1991), la obra tiene un diámetro de 40.64 m (CONAGUA, 2017) la profundidad total perforada es de 229 m (RCH, 2016) (figura 78), el ademe es de 25.4 de diámetro (CONAGUA, 2017) y tiene una profundidad de 167 m, la tubería de salida es de 4” (tabla 23) (RCH, 2016).



Pozo No. 1 Niño Obrero
Ubicación:
Av. Parque Juan Diego y Av. Niño Obrero
Cuenca geohidrológica:
Acuífero de Atemajac.

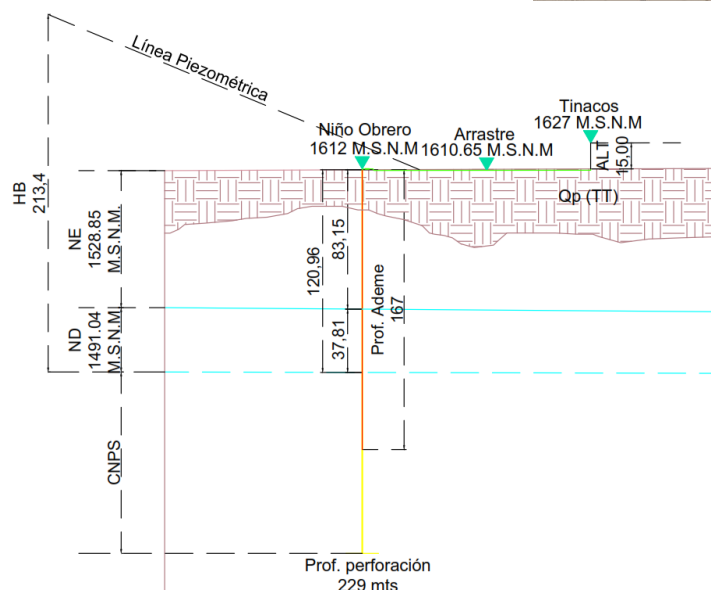


Figura 78. Línea de impulsión pozo Niño Obrero.

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz (1991) Geoex-SIAPA (2003) y RCH (2016).

Tabla 23

Características del pozo Niño Obrero.

POZO	ELEVACIÓN	PROF P TOT	Q_L/S 1991	Q_L/S 2016	PROF ADEME	DIAM OBRA	DIAM ADEME	DM DESCA	POTENCIA DE LA BOMBA (HP)
Niño Obrero	1612	229	16.5	25	167	40.64	25.4	4"	60

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz (1991), RCH (2016) y CONAGUA (2017).

Línea de impulsión Niño Obrero: El agua bombeada se hace a partir del nivel dinámico, para este pozo es de 120.96 m, el nivel estático es de 83.15 m, con un abatimiento de 37.81 m, esto se determinó mediante las pruebas de bombeo de pozos cercanos, cortes litológicos y el modelado de niveles estáticos y dinámicos elaborados para la ZMG del estudio Geoex-SIAPA. Para extraer el gasto actual de 25 l/s que produce el pozo, se utiliza una bomba sumergible con una potencia de 60 hp, la alimentación es de asbesto cemento de 8" (figura 78).

Pozo No. 2 Pocito: Está a una elevación de 1610 M.S.N.M (Díaz, 1991), la obra tiene un diámetro de 30.48 m (CONAGUA, 2017) la profundidad total perforada es de 78 m (RCH, 2016) (figura 79), con un ademe de 30.48 m de diámetro (CONAGUA, 2017) y una profundidad de 68.2 m, la tubería de salida es de 4" (tabla 24) (RCH, 2016).



Pozo No.2 Pocito
Ubicación:
Calle el pocito y Av. Niño Obrero

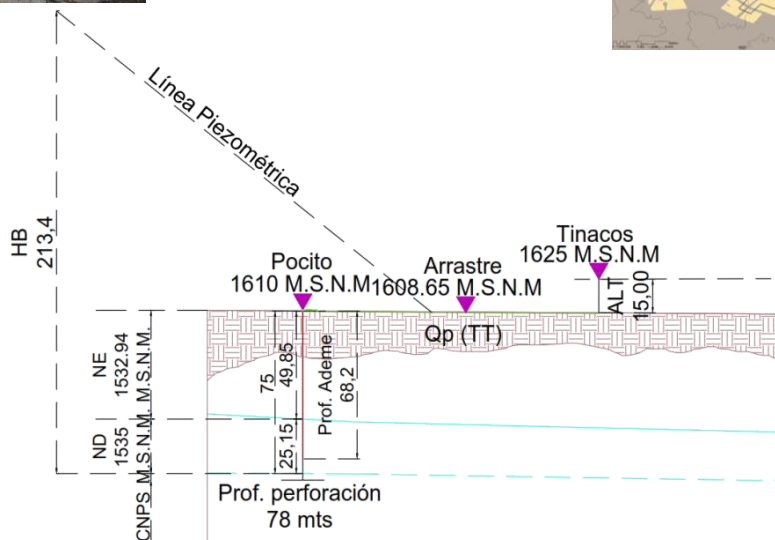


Figura 79. Línea de impulsión pozo Pocito.

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz (1991) Geoex-SIAPA (2003) y RCH (2016).

Tabla 24

Características del pozo Pocito.

POZO	ELEVACIÓN	PROF P TOT	Q_LPS 1991	Q_LPS 2016	PROF ADEME	DIAM OBRA	DIAM ADEME	DM DESCA	POTENCIA DE LA BOMBA (HP)
Pocito	1610	78	13.5	16	68.2	30.48	30.48	4"	60

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz (1991), RCH (2016) y CONAGUA (2017).

Línea de impulsión Pocito: El agua bombeada se hace a partir del nivel dinámico, para este pozo es de 75 m, el nivel estático es de 49.85 m, con un abatimiento de 25.15 m, esto se determinó mediante las pruebas de bombeo de pozos cercanos, cortes litológicos y el modelado de niveles estáticos y dinámicos elaborados para la ZMG del estudio Geoex-SIAPA. Para extraer el gasto actual de 16 l/s que produce el pozo, se utiliza una bomba sumergible con una potencia de 60 hp, la alimentación es de asbesto cemento de 8" (figura 79).

Pozo No. 3 Las Rosas: Está a una elevación de 1605 M.S.N.M (Díaz, 1991), la obra tiene un diámetro de 35.56 m (CONAGUA, 2017) la profundidad total perforada es de 85 m (RCH, 2016) (figura 80), con un ademe de 25.4 de diámetro (CONAGUA, 2017) y una profundidad de 76.25 m, la tubería de salida es de 4" (tabla 25) (RCH, 2016).



Pozo No.3 Las Rosas
Ubicación:
El camellón de la Av. Las Rosas
Cuenca geohidrológica:
Acuífero de Atemajac.

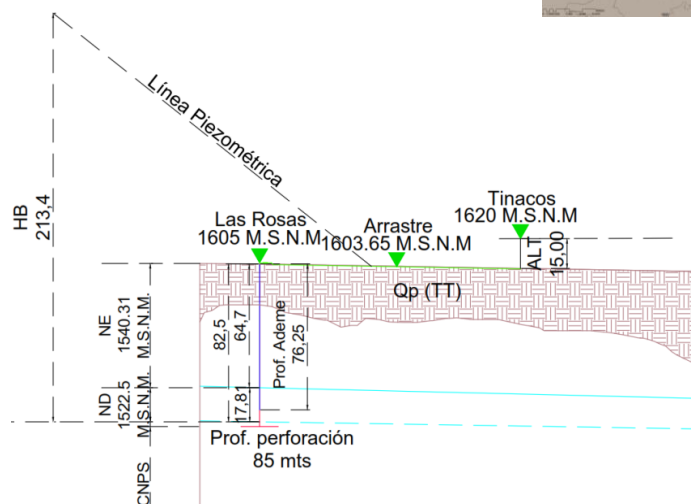
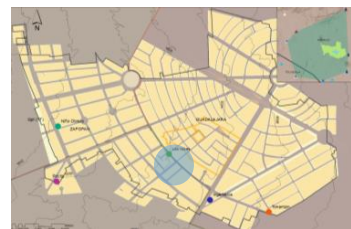


Figura 80. Línea de impulsión pozo Las Rosas.

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz (1991) Geoex-SIAPA (2003) y RCH (2016).

Línea de impulsión Las Rosas: El agua bombeada se hace a partir del nivel dinámico, para este pozo es de 82.5 m, el nivel estático es de 64.7 m, con un abatimiento de 17.81m, esto se determinó mediante las pruebas de bombeo de pozos cercanos, cortes litológicos y el modelado de niveles estáticos y dinámicos elaborados para la ZMG del estudio Geoex-SIAPA. Para extraer el gasto actual de 9 l/s que produce el pozo, se utiliza una bomba sumergible con una potencia de 30 hp, la alimentación es de asbesto cemento de 8" (figura 80).

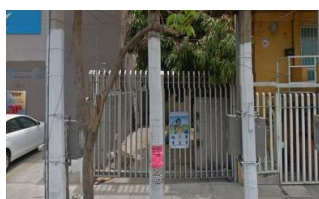
Tabla 25

Características del pozo Las Rosas.

POZO	ELEVACIÓN	PROF P TOT	Q_L/S 1991	Q_L/S 2016	PROF ADEME	DIAM OBRA	DIAM ADEME	DM DESCA	POTENCIA DE LA BOMBA (HP)
Las Rosas	1605	85	15	9	76.25	35.56	25.4	4"	30

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz (1991), RCH (2016) y CONAGUA (2017).

Pozo No. 4 Ingenieros: Está a una elevación de 1600 M.S.N.M (Díaz, 1991), la obra tiene un diámetro de 40.64 m (CONAGUA, 2017) la profundidad total perforada es de 101 m (RCH, 2016) (figura 81), con un ademe de 35.56 m de diámetro (CONAGUA, 2017) y una profundidad de 84 m, la tubería de salida es de 4" (tabla 26) (RCH, 2016).



Pozo No.4 Ingenieros
Ubicación:
Av. Adolfo López Mateos y
Av. Las Rosas

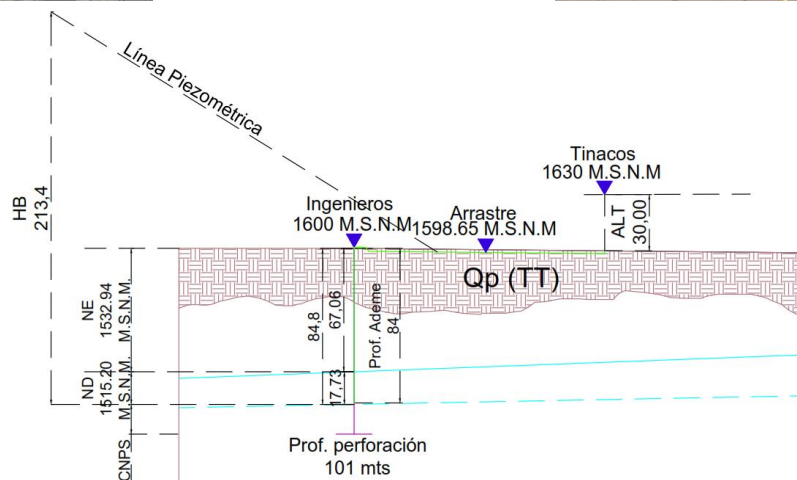
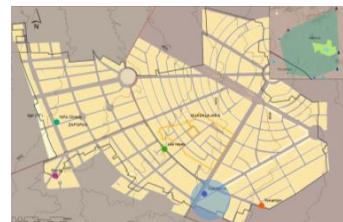


Figura 81. Línea de impulsión pozo Ingenieros.

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz (1991) Geoex-SIAPA (2003) y RCH (2016).

Línea de impulsión Ingenieros: El agua bombeada se hace a partir del nivel dinámico, para este pozo es de 84.8 m, el nivel estático es de 67.06 m, con un abatimiento de 17.73 m, esto se determinó mediante las pruebas de bombeo de pozos cercanos, cortes litológicos y el modelado de niveles estáticos y dinámicos del estudio Geoex-SIAPA. Para extraer el gasto actual de 16 l/s que produce el pozo, se requiere de una bomba sumergible con una potencia de 30 hp, la alimentación es de asbesto cemento de 6" (figura 81).

Tabla 26

Características del pozo Ingenieros.

POZO	ELEVACIÓN	PROF	Q_L/ S	Q_L/ S	PROF	DIAM	DIAM	DM	POTENCIA
	N	P	1991	2016	ADEME	OBRA	ADEM	DESC	DE LA
		TOT					E	A	BOMBA
									(HP)
Ingenieros	1600	101	14	16	84	40.64	35.56	4"	30

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz (1991), RCH (2016) y CONAGUA (2017).

Pozo No. 5 Tonántzin: Está a una elevación de 1596 M.S.N.M (Díaz, 1991), la obra tiene un diámetro de 45.72 m (CONAGUA, 2017) la profundidad total perforada es de 101 m (RCH, 2016) (figura 82), con un ademe de 35.56 m de diámetro (CONAGUA, 2017) y una profundidad de 84 m, la tubería de salida es de 4" (tabla 27) (RCH, 2016).



Pozo No.5 Tonántzin
Ubicación:
Av. Tonantzín con Av. Las Rosas y
Calle capuchinas.

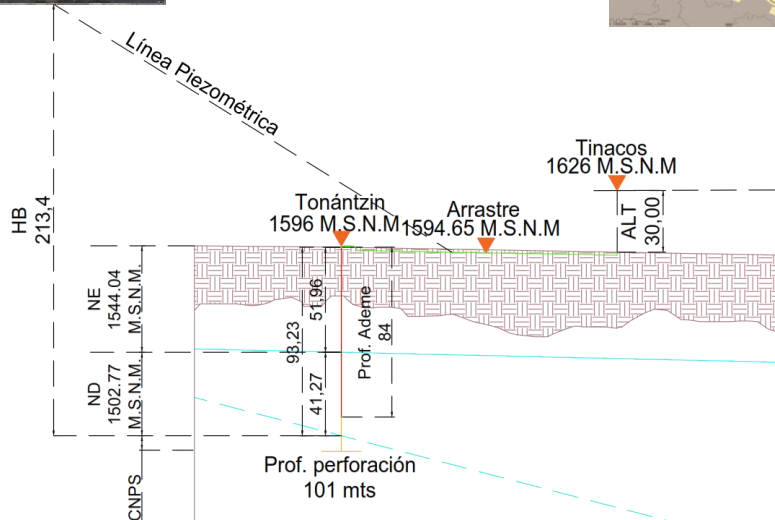


Figura 82. Línea de impulsión pozo Tonántzin.

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz (1991) Geoex-SIAPA (2003) y RCH (2016).

Línea de impulsión Tonántzin: El agua bombeada se hace a partir del nivel dinámico, para este pozo es de 93.23 m, el nivel estático es de 51.96 m, con un abatimiento de 41.27 m, esto se determinó mediante las pruebas de bombeo de pozos cercanos, cortes litológicos y el modelado de niveles estáticos y dinámicos del estudio Geoex-SIAPA. Para extraer el gasto actual de 9 l/s que produce el pozo, se requiere de una bomba sumergible con una potencia de 30 hp, la alimentación es de asbesto cemento de 6" (figura 82).

Tabla 27

Características del pozo Tonántzin.

POZO	ELEVACIÓN	PROF	Q_L/ S	Q_L/S	PROF	DIAM	DIAM	DM	POTENCIA
	N	P		2016	ADEME	OBRA	ADEME	DESC	DE LA
		TOT	1991					A	BOMBA (HP)
Tonántzin	1596	101	8	9	84	45.72	35.56	3"	30

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz (1991), RCH (2016) y CONAGUA (2017).

7.1.2. Abatimiento del nivel freático en los pozos concesionados a la colonia Chapalita

Se tiene como antecedente el estudio de agua potable de Díaz (1991) que obtuvo hallazgos importantes relacionados con los pozos de abastecimiento, es decir, que tras realizar sondeos eléctricos se midió la profundidad del espejo de agua estático y dinámico, también se revisaron las potencias que requieren las bombas de los pozos tomando como

marco de referencia el gasto, la presión a la que están descargando, resultó sobrada su capacidad con relación a la nominal que tienen.

Lo anterior, indicó que no es decisiva la potencia de la bomba para incrementar el gasto, es probable que esté limitado por la disminución de la aportación y del potencial del acuífero original de los pozos, lo cual explica que las bombas de los pozos tienen que vencer una carga mayor, y la demanda disminuye. Por lo tanto, desde 1991, el experto planteó la posibilidad de perforar dos pozos complementarios del sistema. A raíz de las mediciones e inspecciones, se comprobó que el pozo Niño Obrero no estaban funcionando adecuadamente por razones eléctricas y el pozo Tonantzín tenía fallas hidráulicas.

Actualmente los problemas en los pozos siguen, se obtuvo el hallazgo que el pozo de las rosas presenta problemas de abatimiento, disminuyó su capacidad 6 l/s de su producción respecto al año 1991, en ese año entregaba 15 l/s, actualmente entrega 9 l/s (figuras 75 y 80).

Otro pozo que ya presenta problemas de abatimiento es el Tonantzín, esto se supo porque en conversación personal con 3 informantes clave confirmaron y plantearon la problemática en dicho pozo (figuras 76 y 82), cada informante mencionó lo siguiente:

1. El Ing. Agrónomo Humberto Alejandro Sánchez Caldera quien trabaja para Residentes de Chapalita A.C., mencionó lo siguiente: “El problema con el pozo Tonantzín es que baja el nivel de la capa freática, por lo tanto, se deja de operar el pozo mientras éste sube su nivel y se recupera, el agua que se toma para la red de Tonantzín (la cuarta sección) se toma de los pozos Niño Obrero, Pocito e Ingenieros”.
2. El jefe de mantenimiento de la colonia dijo que “El pozo Tonantzín tiene problemas, todo el tiempo ha tenido poca agua, es de muy poca capacidad, siempre se apaga, al pozo le queda de 5 a 10 años de vida, cuando falla, se abre la válvula que está debajo de la hermana agua para dejar pasar el agua de los otros pozos ya que la red está intercomunicada”.
3. Es una fuente confidencial, mencionó que “el pozo Tonantzín ya está dando poca agua, ahí lo que está afectando de acuerdo a mi experiencia como perforador de pozos es lo siguiente: el pozo está muy chico no lo profundizaron más, otro factor es que hay varios pozos alrededor más abajo que este y siempre tiende el agua a irse por otro lado, además el problema con ese pozo es que no se hizo un sondeo adecuado para saber por dónde pasa exactamente el agua del acuífero, ahí lo que tuvo que haber pasado es que al excavar el perforador encontró agua a 20 m y se equivocó porque hizo mal el cálculo, habría sumado 20+64 para sacar la profundidad, por lo tanto, hicieron el pozo a una profundidad de 84 m, se tiene una bomba de 20 hp con una salida de 3” para que de 9 l/s.

“La perforación del pozo se hizo sin ver a futuro cuanto va a crecer la ciudad cuantas casas iban a construirse, cuantos edificios iban a construirse, entonces como perforador considero que la profundidad adecuada para la zona es de 150 m y tengo abastecimiento otros 40 años” (*Fuente confidencial, 2016*).

“El problema con el pozo también tiene que ver el equipo utilizado para hacer la perforación, es decir, si se utilizan máquinas perforadoras antiguas de golpe y llegan a piedra ya no quieren seguir porque el proceso es lento, hacen 1 metro por día y es un gasto para el dueño, ya no son máquinas competentes para la perforación” (*Fuente confidencial, 2016*).

“Para controlar la extracción se instalaron en los pozos variadores de velocidad para cuando se requiere poca agua disminuye la velocidad y baja más despacio el agua para que gaste menos luz y se extraiga poca agua. Los pozos que están abasteciendo mucho son: el Ingenieros, el de Niño Obrero y el Pocito y se les da mantenimiento cada 2 años” (*Fuente confidencial, 2016*).

7.1.3. Red hidráulica de abastecimiento del agua potable

La red de abastecimiento de la colonia es independiente de otras colonias o áreas urbanas próximas, y da servicio exclusivamente a la superficie de Chapalita. El área del fraccionamiento “Campo de Polo”, tiene su propio sistema de abastecimiento (Díaz, 1991).

En 1973, cuando fue rehabilitada la mayor parte de la colonia, con excepción de la cuarta sección (figura 49), en sus sistemas de agua potable, drenaje y pavimento, se sustituyeron todas las tuberías de diámetros menores (hasta de 2”) por tuberías nuevas, de asbesto cemento de clase A-7 de 4”, 6” y 8”, únicamente se conservó la tubería las existente de diámetros mayores. A finales de los años cincuenta, se incorporaron a la red dos aljibes con rebombes para incrementar la presión en la zona alta de la colonia, ambos en la Av. Niño Obrero, por no haber respondido a lo que se esperaba de estos bombeos, fueron abandonados y demolidos (Díaz, 1991). Actualmente no existe un tanque de regulación de la red (*comunicación personal con el jefe de mantenimiento RCH y Díaz, 2016*).

La problemática para la colonia, al operar su servicio de agua, se agudiza en el tiempo de estiaje en las áreas más altas de la misma, en su extremo poniente. Existe un desnivel de 26 m entre los extremos oriente a poniente de la colonia, desde la elevación 1592 a la 1618 M.S.N.M., las zonas deficientes son las zonas más altas de la colonia, y las más alejadas de las tuberías troncales. En la parte baja de la colonia, en especial en la cuarta sección, se acumula el agua que debería estar más distribuida en toda la colonia, haciendo que en esa parte nunca falte el servicio eficiente y con presión fuerte, ver figuras 49 y 51 (Díaz, 1991).

En los años anteriores, se contaba con el auxilio del SIAPA, cuando este se restringía, esas zonas deficientes llegaban a quedar sin servicio hasta por 2 o 3 días consecutivos, con el agotamiento de las reservas en la mayoría de las casas en que no se tienen aljibes grandes (Díaz, 1991).

“Se tiene un sistema de cloración que es de hipoclorito de sodio, se está tratando de tener a un nivel de 1.2 a 1.3 en la cloración, es la puntuación según norma, cada pozo tiene su cuartito de cloro y ahí tienes tu depósito que se extrae y se inyecta directo a la tubería (alimentación) y se va mezclando, entre más cerca se esté del pozo el nivel de cloro es más alto, seguido se monitorea el nivel de cloro en la red, el agua se clora por norma no porque

haya algún problema con el agua, apenas se implementó el sistema de clorado hace 4 años” (*comunicación personal con el jefe de mantenimiento RCH, 2016*).

Para saber si en la actualidad el problema persiste en el área de abastecimiento deficiente, o se extendió, se analizó la forma en la que se opera la red con el modelado hidráulico con el software Epanet con la ecuación de Hazen Williams y se tomó una muestra en la parte alta de la colonia denominada Chapalita Oriente con el cuestionario que se aplicó a 36 residentes en el año 2016, las viviendas se ubican dentro y fuera de dicha área, se preguntó a los residentes sobre la frecuencia del abastecimiento, los elementos de almacenamiento del agua en la vivienda (anexo 6) a lo que respondieron lo siguiente:

“Es importante el aljibe porque no se puede contar con un abasto directo de quien suministra el agua, si no está llegando el agua se tiene un almacenamiento, es una fuente de abastecimiento porque el servicio no es continuo. Se tiene agua en el aljibe, sí, pero, el servicio, se interrumpe, porque, mandan el agua a determinadas horas, el agua está almacenada, sin embargo, no la están enviando constante, hay horarios para mandar el agua a diferentes lugares (tandeo, te dan agua el lunes, el miércoles, o el viernes), aquí llega el agua cuando toca, el servicio dura de 1 a 2 horas, el aljibe se llena porque no le gastamos mucho, no se vacía” (*conversación personal con 36 residentes*).

“Se tiene una reserva cuando no hay agua porque no hay presión suficiente y por fallas en la red ésta cambia constantemente el tamaño del chorro del agua a determinadas horas y no sube el agua al tinaco. El agua que llega a las casas no es suficiente, el agua se va a partir de las 9 am hasta las 12 del mediodía y de 7 a 8 pm todos los días, en las noches sube solo el agua, durante el día no. No siempre se tiene agua suficiente, el agua no llega siempre, esto se agrava en temporada de secas, es decir, hay una necesidad de tener el aljibe, en abril-mayo se nota el cambio en la presión por la temporada de calor” (*conversación personal con 36 residentes*).

“Cuando cierran la válvula, según la zona hay temporadas en las que no tenemos agua 1 vez cada 2 meses o 2 veces al año no llega el agua, con el aljibe se tiene una reserva de agua cuando no hay en la red, alcanza para unos días cuando hay problema de escasez o mantenimiento hay una reserva, cuando no contamos con ella nos vemos en la necesidad de comprar pipas de agua para llenar el aljibe” (*conversación personal con 36 residentes*).

Para analizar la red hidráulica de la colonia Chapalita se hizo una simulación con el software Epanet, para ello, se obtuvieron los materiales y diámetros de las tuberías, rugosidad, se estimaron las pérdidas físicas, distribución espacial de los usuarios de agua potable (índice de hacinamiento) y se obtuvieron los parámetros de operación de la red. Todos estos elementos se caracterizan a continuación:

Se obtuvo información Residentes de Chapalita A.C. y el Ingeniero Nicolás Díaz. Las tuberías principales o troncales son de asbesto cemento de clase A-7 de diferentes diámetros (Díaz, 1991) que se muestran en la figura 83, las tuberías de 12” se representan en color rojo, las tuberías de 8” se representan en color verde, las tuberías de 6” se representan en color

azul. Las tuberías secundarias son de diferentes materiales de 4" se representan en color negro.

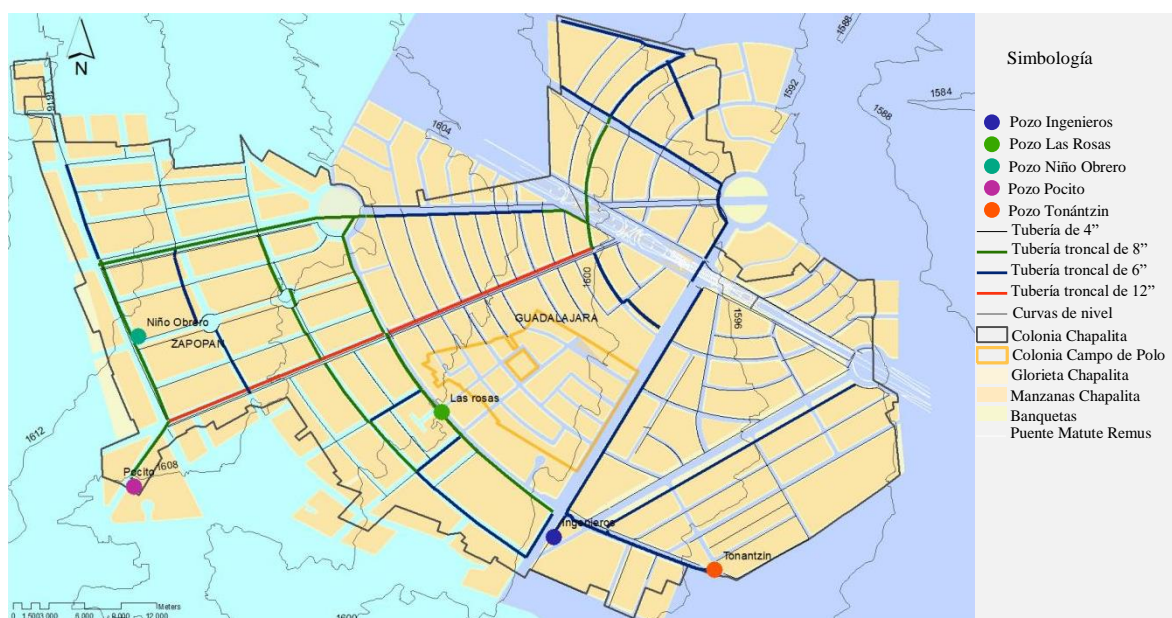


Figura 83. Tuberías troncales y secundarias de la red de abastecimiento de Chapalita.

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz (1991).

Para calcular las longitudes y clasificar los materiales de las tuberías de la red, se utilizaron los planos digitales y copias de los planos de la red que proporcionó Residentes de Chapalita A.C. y el Ingeniero Nicolás Díaz. Teniendo esa información como base, se calculó que la red de abastecimiento de la colonia tiene en total 36,099.266 ml, los cuales se clasifican dependiendo del material de la siguiente manera: entre tuberías troncales y secundarias 19,358.082 ml (53.62%) es de asbesto cemento, el resto de las tuberías secundarias son de varios materiales entre ellos metal con 14,571.534 ml (40.37%), PVC con 1,385.080 ml (3.84%), polietileno con 537.320 ml (1.49%) y fierro galvanizado con 247.250 ml (0.68%).

La ecuación de pérdidas por fricción que se utilizó fue la de Hansen Williams, en la que se establecen rugosidades por material y por la edad de la infraestructura, se consideraron los siguientes parámetros: para asbesto cemento antiguo se consideró 130, para el metal antiguo se utilizó 100, para PVC y polietileno antiguo se utilizó 140.

Las pérdidas físicas en la red es el valor que resulta de la división entre el agua facturada (RCH) que se obtuvo del REPDA (2016-2018) entre la producción de agua potable (ecuación 3) para estimar la eficiencia operativa de la red. Para calcular las pérdidas en edificaciones, se le restó al agua facturada el agua de consumo por uso consuntivo y el resultado se dividió entre la producción total de agua procedente de los pozos. El total de fugas es el valor que resulta de la suma de las pérdidas en la red más las pérdidas en las edificaciones.

$$p\acute{e}rdidas\ f\acute{is}icas = \frac{valores\ de\ facturaci\acute{o}n}{producci\acute{o}n\ de\ agua\ potable}$$

Donde:

Valores de facturación: agua facturada.

Producción de agua potable: agua producida de los pozos.

El agua facturada fue de 2,016,928.00 m³/año, el volumen producido por los pozos fue de 2,365,200.00 m³/año (tabla 18), la eficiencia operativa estimada es del 85.30%, entonces las fugas en la red son del 14.73%, para estimar las fugas en las edificaciones, se calculó el volumen por uso consuntivo en función de la distribución espacial de los usuarios del agua que se marcaron en color azul y el uso de suelo actual (figuras 45 y 84), esto dio un volumen de 1,898,867.17 m³/año (tablas 28 y 29), con ello, se determinó que las fugas representan el 4.99%, el total de fugas calculadas es del 19.72%.

Tabla 28

Criterios básicos para dotaciones de agua del SIAPA.

REFER	TIPO DE EDIFICACIÓN	VOLUMEN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
a	HABITACIONAL ^{1 2}			
	a.1. Popular	200	lphpd lphpd	lphpd = litros por habitante por día
	a.2. Medio	300	lphpd	
	a.3. De primera	400		
b	COMERCIAL ³			
	b.1. Área comercial construida	10	l/m ² /d l/m ² /d	Locales comerciales, centro comercial, edificio de oficinas, en l/m ² /d = litros por metro cuadrado por día.
	b.2. Estacionamiento	2	l/m ² /d l/m ² /d	
	b.3. Área libre (patios, andadores, etc)	2		
	b.4. Área de jardín (riego)	5		
c	CENTROS RELIGIOSOS:			
	c.1. Iglesia, parroquia o templo	15	l/silla/d	litros por asiento/día litros por persona/día
	c.2. Asilo de ancianos	400	l/pers/d	
	c.3. Conventos y monasterios	300	l/pers/d	
	c.4. Retiros religiosos	200	l/pers/d	litros por m ² /día
	c.5. Empleados (de día)	70	l/pers/d l/m ² /d	
	c.6. Área libre (patios, andadores, etc)	2	l/m ² /d	
	c.7. Área de jardín con riego	5		
d	HOTELES, MOTELES Y POSADAS			
	d.1. Hoteles de 4 y 5 estrellas y gran Turismo	500	l/huésped/d	litros/huésped/día
		300	l/huésped/d	
	d.2. Hoteles y moteles 2 y 3 estrellas	200	l/huésped/d	
	d.3. Hoteles de 1 estrella y posadas	70	l/pers/d l/m ² /d	
	d.4. Empleado (de día)	5	l/conv/d	litros/convencionista/día
	d.5. Área de jardín con riego	5	l/pers/d	
	d.6. Centro de Convenciones	30		
	d.7. Salones para eventos especiales o fiesta			
e	RESTAURANTES (taquerías, cafeterías, bar, etc)			
	e.1. Restaurantes de comidas rápidas	30	l/cliente/d	litros/cliente/día
	e.2. Restaurante convencional	30	l/cliente/d	
	e.3. Empleados	70	l/empl/d	
	e.4. Área de riego jardines	5	l/m ² /d l/m ² /d	
	e.5. Área de estacionamiento	2		

Continúa tabla 28

REFER	TIPO DE EDIFICACIÓN	VOLUMEN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
f	BAÑOS PÚBLICOS			
	f.1. Baños públicos	500	l/bañista/d	
	f.2. Empleados	70	l/empl/d	
	f.3. Área de jardines	5	l/m ² /d l/m ² /d	
	f.4. Área de estacionamiento	2		
g	PRISIÓN O RECLUSORIO			
	g.1. Por recluso	450	l/recl/d	litros/recluso/día
	g.2. Por empleado	70	l/empl/d	
	g.3. Área de riego	5	l/m ² /d	
h	CLUBES DEPORTIVOS Y CAMPESTRES			
	h.1. Socios	500	l/socio/d	
	h.2. Empleados	100	l/empleado/d	
	h.3. Restaurante	30	l/comensal/d	
	h.4. Salones para eventos	30	l/persona/d	
	h.5. Área de jardín (riego)	5	l/m ² /d	
	h.6. Área de estacionamiento	2	l/m ² /d	
i	ESCUELAS O COLEGIOS			
	i.1. Con cafetería, gimnasio y duchas	115	l/alumno/d	
	i.2. Con cafetería solamente	50	l/alumno/d	
	i.3. Empleados	70	l/empleado/d	
	i.4. Área de jardín	5	l/m ² /d	
	i.5. Área de estacionamiento	2	l/m ² /d	
	i.6. Auditorios	2	l/espectador/d	
j	BODEGAS, ALMÁCENES Y FÁBRICAS (sin consumo industrial del agua)			
	j.1. En planta baja	10	l/m ² /d l/m ² /d	
	j.2. En niveles subsecuentes	2	l/pers/d l/m ² /d	
	j.3. Empleados	70		
	j.4. Áreas de riego	5		
k	ESTACIONAMIENTOS COMERCIALES (de paga)			
	k.1. Andadores y pasillos	2	l/m ² /d l/m ² /d	
	k.2. Áreas con acceso a lavacoches	5	l/pers/d l/m ² /d	
	k.3. Empleados	70		
	k.4. Áreas de riego	5		
l	CINES, TEATROS, CASINOS, CENTROS NOCTURNOS, Y DE ESPECTÁCULOS			
	l.1. Espectador	5	l/espectador/d	
	l.2. Empleado	70	l/empleado/d	
	l.3. Área de jardín (riego)	5	l/m ² /d	
	l.4. Área de estacionamiento	2	l/m ² /d	
m	CLÍNICAS, HOSPITALES Y SANATORIOS			
	m.1. Cama	500 a 1000	l/cama/d l/d	(dependiendo de la categ.)
	m.2. Empleado	70	l/m ² /d l/m ² /d	
	m.3. Área jardín (riego)	5		
	m.4. Área estacionamiento	2		
n	LAVANDERÍAS, la demanda de agua depende de las características del equipo por instalar cuando no se disponga información de fábrica, se considera según los ciclos de lavado (c):			
	8 kg x 6.87 l/kg x 12c = 660 l/lav/día (litros por lavadora por día)			
	11 kg x 6.00 l/kg x 12c = 792 l/lav/día			
	16 kg x 7.25 l/kg x 12c = 1392 l/lav/día			
	18 kg x 7.25 l/kg x 12c = 1566 l/lav/día			

Continúa tabla 28

REFER	TIPO DE EDIFICACIÓN	VOLUMEN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
o	AUTOBAÑOS. La demanda de agua depende de las características de las máquinas instaladas o por instalar. Sin embargo, cuando no se tengan datos se recurre a lo siguiente, como mínimo: <ul style="list-style-type: none">• Pistola de presión. 18 l/min = 0.3 l/s = uso tiempo 4 hr continuas = 4,320 litros/pistola/día• Arco de lavado. 60 l/min = 1.0 l/s = uso tiempo 4 hr continuas = 14,400 litros/pistola/día• Empleados. Dependiendo del tipo del sistema se anexa al consumo, el gasto en función del número de empleados (= 70 l/emp./día).			
p	GIMNASIOS que dispongan de regaderas, baños de vapor y saunas			Para los gimnasios que no dispongan de regaderas, baños de vapor o saunas, se consideran como áreas comerciales conforme al inciso b de esta Tabla.
	p.1. Socios	300	l/socio/d	
	p.2. Empleado	70	l/empl/d	
	p.3. Área jardín (riego)	5	l/m²/d l/m²/d	
	p.4. Área estacionamiento	2		
q	FÁBRICAS: QUE CÓMO INSUMO FUNDAMENTAL EN SU PROCESO UTILICEN AGUA POTABLE (purificadoras, lecherías, fábricas de refrescos, cervecerías, etc). Se consideran consumos especiales con previo estudio que deberá presentar el solicitante y en su caso será constatado por parte del SIAPA.			
r	TENERÍAS Se consideran consumos especiales con previo estudio que deberá presentar el solicitante y en su caso serán constatados por parte del SIAPA.			
s	DESCARGAS INDUSTRIALES Para algunos casos de conexiones especiales de descarga al alcantarillado, en cuanto al tipo de efluente industrial que emiten, se exigirá el pretratamiento necesario para cumplir la NOM-002-ECOL-1996 y un registro correspondiente ante la Sección de Vigilancia de Registro de Descargas del SIAPA, para su evaluación y control.			
t	RIEGO DE JARDINES En todos los casos anteriores, sin excepción, para jardines cuya superficie sea mayor de 200 m², se deberá instalar un sistema automático de riego programado.			
u	DEMANDA CONTRA INCENDIO Esta demanda solamente se deberá considerar en desarrollos comerciales e industriales, conforme a sus requerimientos específicos.			

Fuente: Lineamientos Técnicos Factibilidad, SIAPA (2004).

Tabla 29

Consumo de agua por uso consuntivo de la colonia Chapalita

Clasificación	Población	Establecimientos	M ²	Dotación	M ³ /Anual	L/S
Habitacional	10,008			200.00	730,584.00	23.17
Riego de áreas verdes propiedad privada			44,032.88	2.00	32,144.11	1.02
Riego en servidumbre (Av. Parque Juan Diego)			13,342.33	2.00	9,739.90	0.31
Gran total población fija	10,008		57,375.22	204.00	772,468.01	24.49
Hoteles						
Hotel Victoria Ejecutivo GDL (211 habitaciones, 3 estrellas)	273			300.00	29,893.50	0.95
Riego de áreas verdes			1,333.72	2.00	973.62	0.03
Hotel Suites Chapalita (83 habitaciones, 2 estrellas)	109			300.00	11,935.50	0.38
Hotel ONE GDL (126 habitaciones, 3 estrellas)	204			300.00	22,338.00	0.71
Hotel HAMPTON INN BY HILTON (143 habitaciones y salón de eventos, 3 estrellas)	214			300.00	23,433.00	0.74
Riego de áreas verdes			257.63	2.00	188.07	0.01

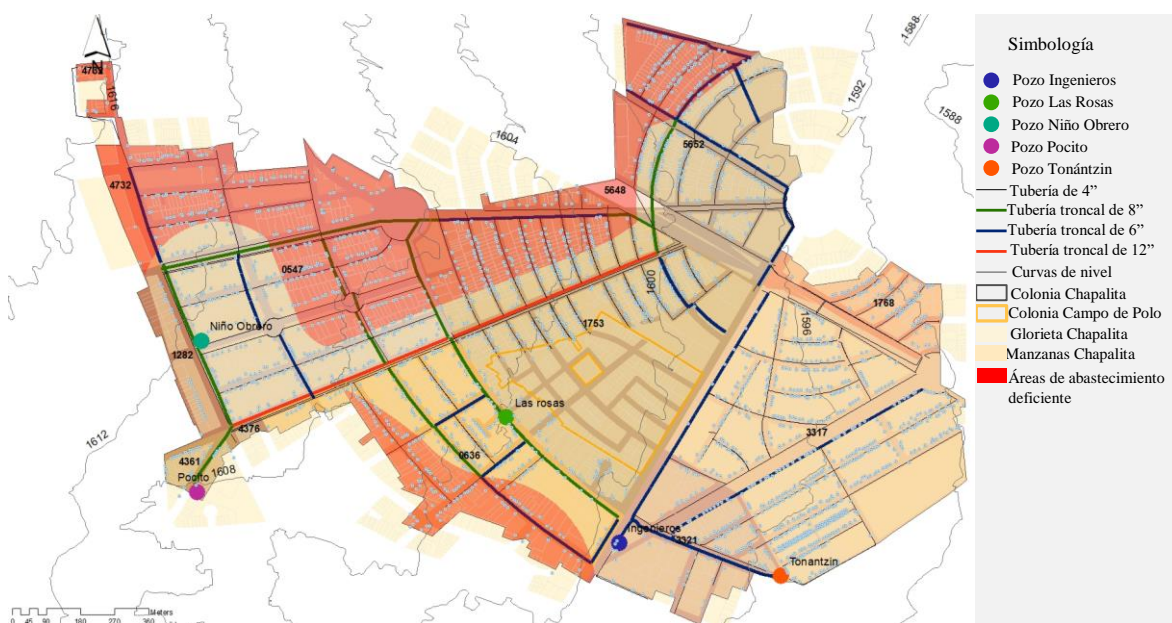
Continúa tabla 29

Clasificación	Población	Establecimientos	M ²	Dotación	M ³ /Anual	L/S
Hotel RIU plaza Guadalajara (550 habitaciones y 16 salas, hotel 5 estrellas)	2,122			500.00	387,265.00	12.28
Riego de áreas verdes (alberca: 135.014)			810.40	2.00	591.59	0.02
Hotel CLARUM 101 (12 habitaciones, 2 estrellas)	26.00			300.00	2,847.00	0.09
Riego de áreas verdes			378.926	2.00	276.61598	0.01
Empleados en los hoteles	507.00			70.00	12,953.85	0.41
Gran total hoteles	3,455.00		2,780.67	2,078.00	492,695.74	15.62
Comercios y restaurantes						
Comercios y restaurantes	10,096.00			70.00	257,952.80	8.18
Riego de áreas verdes			5,382.00	2.00	3928.85654	0.12
Riego en servidumbre (Av. Parque Juan Diego)			1,448.17	2.00	1,057.16	0.03
Riego en servidumbre (Av. Niño Obrero)			8,469.58	2.00	6182.7934	0.20
Gran total comercios y restaurantes	10,096.00		15,299.74	76.00	269,121.61	8.53
Escuelas						
Escuelas	4,006.00			70.00	102,353.30	3.25
Escuela de natación	30.00			500.00	5,475.00	0.17
Riego de áreas verdes			7,065.74	2.00	5,157.99	0.16
Gran total escuelas	4,036.00		7,065.74	572.00	112,986.29	3.58
Hospitales y clínicas						
Hospital Santa María Chapalita	251.00			1,000.00	91,615.00	2.91
Riego de áreas verdes			334.47	2.00	244.16	0.01
Hospital Ángeles Integrales Chapalita, S.C., Hospital Mundo Físico y Purelife	160.00			500.00	29,200.00	0.93
Clínicas	790.00			70.00	20,184.50	0.64
Riego de áreas verdes			700.67	2.00	511.49	0.02
Laboratorios médicos	211.00			70.00	5,391.05	0.17
Veterinarias	20.00			70.00	511.00	0.02
Gran total hospitales y clínicas	1,432.00		1,035.13	1,714.00	147,657.20	4.68
Centros religiosos y/o comunitarios						
Centros religiosos y/o comunitarios	100.00			70.00	2,555.00	0.08
Centros religiosos y/o comunitarios (Conventos)	712.00			300.00	77,964.00	2.47
Riego de áreas verdes (Alberca: 195.2484)			5,034.60	2.00	3,675.25	0.12
Gran total Centros religiosos y/o comunitarios	812.00		5,034.60	372.00	84,194.25	2.67
Autobaños						
Autobaños	60.00			70.00	1,533.00	0.05
Lavado de coches		2.00		600.00	438.00	0.01

Continúa tabla 29

Clasificación	Población	Establecimientos	M ²	Dotación	M ³ /Anual	L/S
Gran total autobaños	60.00			670.00	1,971.00	0.06
Industria						
Industria	217.00			70.00	5,544.35	0.18
Riego de áreas verdes			611.67	2.00	446.52	0.01
Gran total industria	217.00		611.67	72.00	5,990.87	0.19
Gasolinerías						
Gasolinerías	150.00			70.00	3,832.50	0.12
Gran total Gasolinerías	150.00			70.00	3,832.50	0.12
Lavanderías	75.00			70.00	1,916.25	0.06
Lavado de ropa		15.00		1,102.00	6,033.45	0.19
Gran total Lavanderías	75.00			1,172.00	7,949.70	0.25
Población flotante	20,333.00		31,827.55	6,796.00	1,126,399.16	35.72
Población fija y flotante	30,341.00		89,202.76	7,000.00	1,898,867.17	60.21

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 84.** Usuarios del agua en Chapalita.

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz (1991) e imágenes de satélite (2017).

Los parámetros de operación de la red, los proporcionó el jefe de mantenimiento en comunicación personal (2016) estos son: los pozos tienen gabinetes con controles, el pozo ingenieros, se apaga porque el finde semana se puede aumentar la presión por la falta de consumo, con eso se baja la presión para evitar que daños en la tubería y crear fugas, los cuartitos de control tienen el sistema que se puede controlar manual, se saca el agua a 60 o 50 Hertz, se puede ajustar a conveniencia, las altas y bajas en la presión, es prácticamente un regulador según las necesidades para que haya agua suficiente.

“Cuando se apaga un pozo falta presión, los pozos Pocito, Niño Obrero y Las Rosas surten de López Mateos hacia Av. Niño obrero, Lázaro cárdenas, San Francisco, Ingenieros y Tonántzin abastecen la cuarta sección, cuando hay una falla en el pozo Las Rosas, nosotros tenemos una válvula de compuerta bajo la fuente la hermana agua, se abre y se manda agua del pozo Ingenieros hacia el Pozo Las Rosas que está sobre el camellón, incluso hay un cárcamo que le da funcionamiento a la hermana agua” (*conversación personal con el jefe de mantenimiento de RCH, 2016*).

“La tubería del pozo Ingenieros está conectada a la tubería de pozo de las rosas. Cuando hay elevaciones de presión se apaga un pozo, cuando es baja la presión no se puede hacer nada, aumentas presión o mandas una cantidad de litros de agua, como es alto el consumo de agua, siempre va a ser baja la presión. Si los pozos ya están a su máxima capacidad de rebombeo no se puede hacer nada con la presión” (*conversación personal con el jefe de mantenimiento de RCH, 2016*).

“Cuando no hay presión suficiente el agua no sube hasta el tinaco, para eso las casas tienen las bombas y flotadores automáticos, se manda agua de la calle al aljibe porque no tiene la presión suficiente para subir sola y de ahí la bomba la sube al tinaco, por el alto consumo hay problemas con la presión en la zona alta de la colonia (Chapalita Oriente), en el día no sube, pero en la noche sí. La zona alta se maneja con 3 pozos (Pocito, Niño Obrero y Las Rosas). El pozo las rosas disminuyó su capacidad por el uso de tantos años, probablemente ya nos estemos terminando la capa freática y se disminuyó la capacidad del acuífero y a pesar de darle mantenimiento no subió mucho el nivel del agua sólo 7m, se ha bajado más la bomba para extraer agua” (*conversación personal con el jefe de mantenimiento de RCH, 2016*).

“Las tomas de agua potable en casas habitación son de $\frac{1}{2}$ ”, $\frac{3}{4}$ ” y $1\frac{1}{2}$ ” y la del RIU es de 3”. El suministro se regula con la telemetría, las presiones en tubería son de 1.5 kg/cm^2 en las zonas altas (15 metros columna de agua), si no se apaga el pozo ingenieros llega hasta 3 kg, en las zonas bajas como la cuarta sección se maneja 3kg/cm^2 (30 metros columna de agua)” (*conversación personal con el jefe de mantenimiento de RCH, 2016*).

Con los datos obtenidos anteriormente, se realizó la simulación hidráulica con el software Epanet, con la ecuación de Hazen Williams se obtuvieron los siguientes resultados:

Primero se modeló la red bajo las condiciones que el organismo operador indicó, se corrió el modelo, este mostró que no existe un balance hidráulico en la red bajo las condiciones de presión y gasto, cuando este no existe las bombas se queman o no están funcionando adecuadamente, porque, no se entrega el caudal proporcionado por el organismo operador (tabla 18), por lo que, existe la probabilidad que el sistema opere bajo condiciones de ineficiencia energética. Se reflejó un problema de operación porque se apagan pozos, cuando esto sucede se vacía la red y se llena de aire, aunque se meta una presión de 3kg/cm^2 (30 mca), la bomba no va a vencer la carga porque hay aire en la red, por lo tanto, bajo este esquema se propicia el aumento de fugas porque el aire revienta la tubería.

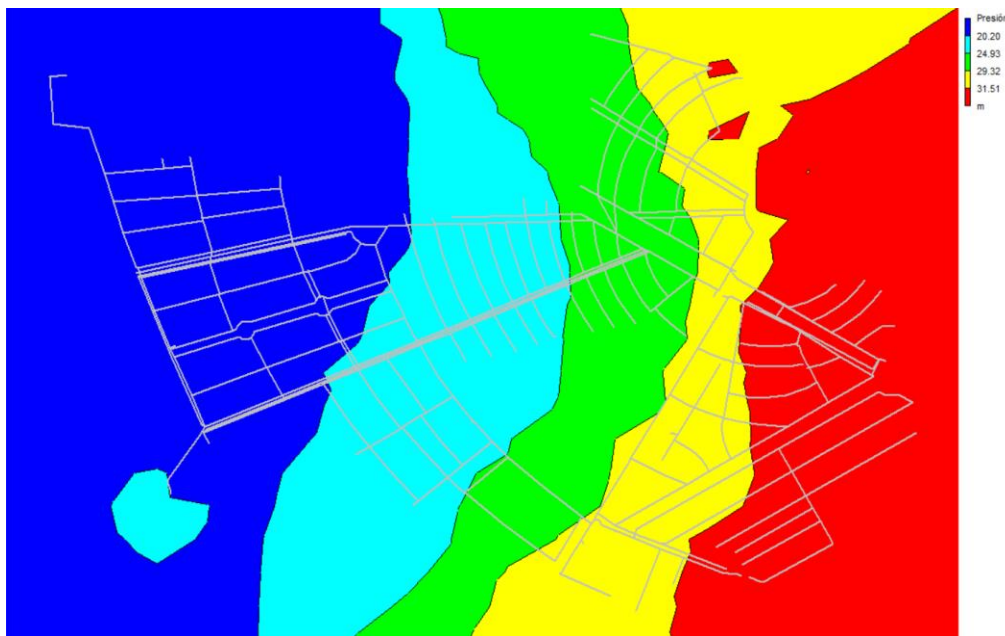


Figura 85. Modelado de presiones en la red Chapalita.

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso fue el modelado con una calibración libre de la presión y se fue balanceando la red de tal manera que se cubrieran los gastos producidos por pozo (tabla 18), se observó que se recuperó la presión en la red y alcanzó un balance hidráulico, con ello, se observó que las presiones más bajas están en las zonas altas de la colonia y las presiones más altas están en la parte baja de la colonia, con ello, el agua tiene una tendencia a dirigirse a las zonas bajas, por eso se tienen máximas demandas en esa zona. El modelo mostró que el pozo Tonántzin se encuentra en una zona de alta presión, por lo tanto, no es energéticamente eficiente porque tiene que vencer una carga muy grande, es decir, ese pozo no está operando bajo condiciones adecuadas y requiere de mucha energía para entregar el caudal requerido (figuras 84 y 85).

7.1.4. Abastecimiento complementario

Se prescindió de la alimentación del SIAPA, sin embargo, de cualquier manera, se cuenta con el auxilio del apoyo del agua que se puede comprar al SIAPA, esta se deriva en las Avenidas Mariano Otero y Las Rosas del Acueducto Poniente 2, del sistema general de distribución de la ciudad. En la Avenida de las Rosas, se tiene una tubería de 18" de diámetro que hace la toma directa por gravedad del acueducto, hasta llegar al cárcamo de rebombeo, junto al pozo "Ingenieros" (Díaz, 1991).

El rebombeo se encauza por una tubería de 16" de diámetro por la Av. 12 de Diciembre, hasta la Av. Tepeyac, siguiendo luego por ésta en 14" hasta el sitio mencionado de inyección de la red de la colonia. Esta línea de impulsión continúa hacia el abastecimiento de otras áreas próximas. La colonia operaba, además de los pozos, una toma general de agua derivada de la red del SIAPA que funciona por bombeo desde las mismas instalaciones en donde se tiene el pozo de "Ingenieros". Este bombeo abastece también otras áreas vecinas, teniendo inyección

a la red para Chapalita en la esquina de las Avenidas Niño Obrero y Tepeyac, con un medidor de consumo intercalado (Díaz, 1991).

7.1.5. Suministro de agua para las personas, gestión del agua pluvial y residual en el bloque de unidad

Para tener un contexto general del suministro se requiere caracterizar las prácticas de consumo, la caracterización de las construcciones y de los elementos de almacenamiento de agua para el uso de suelo habitacional por los siguientes motivos:

1. Alberga la población fija que habita en la colonia y las demás actividades desarrolladas en la colonia afectan la cantidad de agua que se suministra a los usuarios, la zona que se muestreó es la más antigua (primera sección);
2. Se encuentra en la parte alta de la colonia (parte alta 1618 MSNM, parte baja 1607 msnm), gran parte de su territorio está dentro de la zona de abastecimiento deficiente;
3. Cuenta con una gran cantidad de árboles y jardines de la servidumbre de la Av. Parque Juan Diego (consumo de agua en riego);
4. Es la zona habitacional dentro de la colonia con mayor plusvalía.

La zona muestreada se denomina Chapalita Oriente y se marca en la figura 16 con un polígono en color gris, los resultados se presentan a continuación:

Prácticas del consumo de agua en la vivienda

En comunicación personal, el gerente de Residentes de Chapalita (2016) habló del historial de dotaciones para casas habitación en la colonia y la prospectiva futura que se menciona a continuación:

“La dotación por persona era de 250 l/hab/día, ahora se bajó a 200 l/hab/día (tabla 28), en un futuro se está hablando de 150 l/hab/día, incluso la meta es que únicamente sean 100 l/hab/día. De entrada, en una vivienda tienen derecho de 20 a 21 m³ mensuales por una cuota que va dependiendo de los metros cuadrados que tenga el terreno, pero de ahí va subiendo la cuota por los metros y la dotación de agua también, por ejemplo, para un terreno de 800 m² se dan 50 m³ mensuales que va incluida en la cuota, de esa manera solamente cuando exceden la dotación cobramos de más, nuestro tabulador es el mismo del SIAPA (anexo 4: capítulo VII: cobranza)”.

Para cuantificar el consumo total de agua por uso consuntivo de la colonia se utilizó la tabla 28 y en la tabla 29 se detalla el uso total de cada uno, esta estimación se utilizará en el balance hídrico, simulación del escenario actual.

Este muestreo se hizo para tener conocimiento de los hábitos de consumo de los habitantes para tener un panorama general de lo que ocurre en el bloque de unidad (no para establecer una dotación), se aplicó una encuesta en 36 viviendas, se preguntó por el número

de habitantes y de un listado de usos cotidianos del agua (anexo 1) se estimó lo siguiente: en el 42.85% habitan de 1 a 3 personas, en el 51.44% habitan de 4 a 6 personas y en el 5.71% habitan de 7 a 9 personas, en las 36 viviendas habita un total de 136 personas. El consumo de agua en las viviendas es variable, de la dotación base (200 l/hab/día) que mencionó el gerente, únicamente una persona que vive sola consume dicha dotación, en el resto el consumo aproximado va desde 244.58 hasta los 777.7 l/hab/día, la mayoría dijo que había pagado excedentes al organismo operador por fugas en el aljibe o descuidos en el riego del jardín.

Características de las instalaciones en el aljibe y viviendas: materiales y hábitos de mantenimiento

Las instalaciones, el mantenimiento y la antigüedad del aljibe son importantes, por eso, se les preguntó a los habitantes al respecto los resultados son siguientes:

El 80.55 % (29) dijo que en pocas ocasiones limpian su aljibe y el 19.45 % (7) restante dijo que nunca lo limpia; en cuanto al mantenimiento del aljibe el 66.66% (24) dijo que le da mantenimiento en pocas ocasiones, el 25.02% (9) dijo que nunca le da mantenimiento, poca gente dijo darle mantenimiento, el 5.55% (2) siempre le da mantenimiento y el 2.77% (1) le da mantenimiento en muchas ocasiones.

La revisión de las instalaciones es muy importante para la detección de fugas, sin embargo, no es una costumbre practicada por la mayoría de los residentes encuestados, ya que, el 66.69% (21) dijo revisarlas en pocas ocasiones, el 25% (9) dijo que nunca las revisa y únicamente el 5.54% (5) dijo que siempre las revisa, junto con el 2.77% que las revisa en muchas ocasiones.

En cuanto a la antigüedad de los aljibes la gran mayoría tiene entre 40 a 62 años (61.12%) le siguen los que tienen entre 20 a 30 años (19.44%) y los nuevos que tienen entre 1 a 12 años (19.44%), es importante mencionar que por esta característica de los aljibes la gran mayoría han realizado reparaciones o han construido uno nuevo, a pesar de ello, han tenido fallas a tal grado que por fugas y errores en la lectura (acumulación de aire) les han cobrado excedentes fuertes de 5 mil hasta 12 mil pesos, reconocen que en su mayoría han sido descuidos por no revisar las instalaciones y el aljibe.

En la vivienda, el mantenimiento en el baño, la cocina, cuarto de lavado, el sistema de riego (los que tienen) y sus instalaciones es el siguiente: el 44.44% (16) dijo que siempre les da mantenimiento, el 19.44% (7) dijo que en muchas ocasiones, el 22.22% (8) dijo que en pocas ocasiones y el 13.90% (5) dijo que nunca le da mantenimiento a su vivienda, la parte correspondiente al mantenimiento de las instalaciones hidráulicas el 33.35% (12) dijo que en pocas ocasiones revisa sus instalaciones, el 30.55% dijo que siempre las revisa, mientras que el 19.44% (7) dijo revisarlas en muchas ocasiones y el 16.66% (6) dijo que nunca las revisa, en general, al principio todos los que las revisan dijeron fue por necesidad por la existencia de fugas.

En cuanto a la limpieza del tinaco, el 72.24% (26) dijo que en pocas ocasiones lo limpia, el 13.88% (5) dijo que, en muchas ocasiones, el 11.11% (4) dijo que nunca lo limpia y el

2.77% (1) no tiene tinaco; para la limpieza de la azotea, el 44.44% (16) dijo que siempre la limpia, el 25% (9) dijo que en pocas ocasiones, el 16.16% (6) dijo que nunca la limpia y para terminar, el 13.9% (5) dijo que en muchas ocasiones la limpian.

Los productos utilizados para la limpieza y la vivienda en general son los convencionales, es decir, cloro y desinfectante, ajax, pinol y la gran mayoría desconoce cómo es la limpieza de su aljibe, tinaco y su vivienda porque pagan por ello, es algo a lo que no le prestan atención.

En cuanto al riego, el 47.23% dijo que las plantas que tienen en su casa y jardín requieren de mucha agua y el 52.77% dijo que sus plantas no consumen mucha agua, algunos le dan mantenimiento diario, cada 3 días, semanal, 2 veces a la semana, 3 veces a la semana, cada 8, cada 15 días, cada 3 semanas y en el estiaje cada mes, algunos riegan a las 7 am 5 min, 8 min, 10-20 min, 20-30 min, hasta 1 hora, algunos usan botes para evitar regar.

Todo lo anterior, impacta en la cantidad de consumo de agua que se suministra por la existencia de fugas reales, ya que, la carencia de mantenimiento reduce la vida útil en las instalaciones, además, modifica la calidad del agua que entrega el organismo operador al usuario final. En conjunto, están generando una recarga al acuífero, pero, con un grado de contaminación, es decir, en un estudio (ver Geoex-SIAPA, 2003), se detectó contaminación del agua subterránea por cloro derivado de las fugas en la red de abastecimiento.

Los 36 habitantes calificaron la eficiencia de los servicios de agua potable, saneamiento y drenaje pluvial, en esta ocasión se presentan los resultados del primero donde 1-5, significa que el servicio es malo, 6-8: significa que el servicio es regular y de 9-10 el servicio es excelente los resultados fueron los siguientes:

La calificación general para Residentes de Chapalita por la calidad de sus servicios de acuerdo con los 36 habitantes encuestados fue de 6, porque, se calificaron los siguientes aspectos:

1. El nivel de confianza respecto a la calidad del agua de las redes de abastecimiento, calificación: 6;
2. La calidad de atención y servicio de abastecimiento se calificó con 7;
3. La justificación de la tarifa de acuerdo con la calidad de los servicios recibió una calificación de 7;
4. La atención inmediata para la reparación de fugas y la calidad de atención para reportar fugas u otras anomalías se calificó con 7.

Con esto, los servicios son considerados como regulares, los residentes encuestados hicieron recomendaciones para mejorar los servicios (anexo 6).

Gestión del agua pluvial en la vivienda

En contadas viviendas de la colonia Chapalita se han instalado sistemas de captación del agua pluvial en la losa de azotea y en la terraza, representando el 5.55% (2) que canaliza el agua pluvial a un pozo de absorción y aljibe, mientras que en el 5.55% (2) el agua pluvial de la azotea y terraza se canaliza hacia las áreas verdes y la gran mayoría el 88.90% (32) canaliza el agua pluvial de la azotea y terraza al drenaje (*conversación personal con 36 residentes*).

Como se observó anteriormente en la gran mayoría de las viviendas la canalización del agua pluvial se va al drenaje, a esto le adicionamos la gran cantidad de superficies pavimentadas en la propiedad privada (figuras 47, y 86), por lo que, se realizó una estimación de áreas verdes y pavimentadas en la colonia que se presentan en la tabla 30, esas superficies se utilizarán en el balance hídrico, simulación del escenario actual.

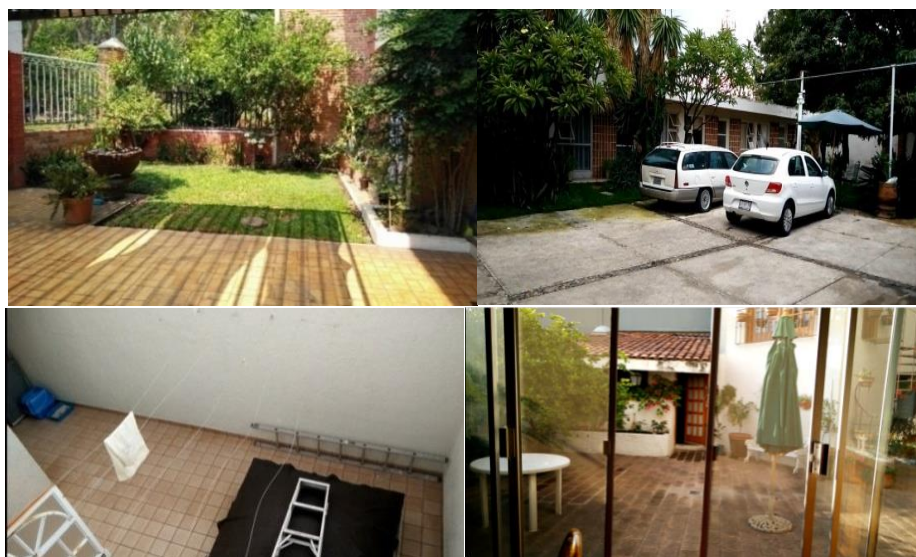


Figura 86. Área impermeable en propiedad privada colonia Chapalita.
Fuente: 36 informantes clave.

Tabla 30

Áreas verdes (permeable) y pavimentadas (impermeable) en Chapalita

Cálculo de la superficie impermeable efectiva (nivel de terreno)		
Zona de propiedad privada	Superficie M ²	%
áreas verdes en propiedad privada (todos los usos de suelo)	65,942.68	3.74
área verde reserva de terreno de la Nissan	6,963.40	0.40
área pavimentada en propiedad privada (todos los usos de suelo)	996,139.44	56.56
se restaron los usos de suelo áreas verdes y baldíos	1,069,045.53	60.70
Superficie total de los usos de suelo	1,135,830.09	
Zona urbana	Superficie M ²	%
área verde real de la Av. Parque Juan Diego y Niño Obrero	23,260.08	1.32
área pavimentada de la Av. Parque Juan Diego y Niño Obrero	11,446.82	0.65
área verde real de la glorieta Chapalita	3,480.19	0.20
área pavimentada de la glorieta Chapalita	5,553.26	0.32
área verde real del parque Ignacio Amezcua	161.48	0.01
área pavimentada del parque Ignacio Amezcua	242.22	0.01
Baldíos	22,640.52	1.29
Vialidades, banquetas	599,034.69	34.01
áreas verdes a cargo de RCH (camellones)	26,351.26	1.50

Continúa tabla 30

Superficie total del fraccionamiento	1,761,216.04	39.30
Gran total de área verde	148,799.61	8.45
Gran total de área impermeable	1,612,416.43	91.55
Superficie total de áreas verdes y pavimentadas	1,761,216.04	100.00
Coefficiente de escurrimiento*		0.9155
área de azotea en propiedad privada (todos los usos de suelo)	846,718.53	48.08

Fuente: Elaboración propia *Coeficiente para calcular el coeficiente de escurrimiento ponderado.

Las zonas inundables en la colonia que mencionaron los encuestados, se señalan en la figura 68 en color negro, éstas son: Av. Niño Obrero en sus cruzamientos con Av. Tepeyac, Av. Guadalupe, los niveles que el agua ha alcanzado son variados que van desde 20 cm, 30 cm, 40 cm hasta 50 cm (las rodillas) y el agua lleva mucha corriente, en la Av. Guadalupe el agua que se estanca va de 15 cm, 40 hasta los 50 cm, ha llegado a invadir la mitad de la banqueta (baja el agua del Colli), en Av. Las Rosas, el agua se estanca hasta las rodillas (50 cm), en la glorieta Chapalita el agua llega a los 30 cm (*conversación personal con 36 residentes*).

En la Av. Tepeyac llega a los 15 cm, en Av. Parque Juan Diego el nivel del agua va de 30 a 40 cm, en la Av. López Mateos con 12 de Diciembre el agua llega a los 50 cm y en la Av. López Mateos con San Francisco el agua sube 20cm, la frecuencia de estos eventos se presentan en la tabla 31, el tiempo de respuesta de los pozos de absorción en la colonia se presentan en la tabla 32, por lo anterior, la gente calificó con 6.5 la eficiencia del desahogo de las aguas pluviales en las calles para evitar inundaciones, porque, el sistema de pozos de absorción tiene una capacidad de respuesta lenta (*conversación personal con 36 residentes*).

Tabla 31

Frecuencia de inundaciones en Chapalita.

	Frecuencia	%
a) 1 vez fuera de temporada de lluvia	2	6.45
b) 3 veces fuera de temporada de lluvia	0	0.00
c) 5 o más veces fuera de temporada de lluvia	0	0.00
d) 1 vez en temporada de lluvia	7	22.58
e) 3 veces en temporada de lluvia	5	16.13
f) 5 o más veces en temporada de lluvia	17	54.84
Total	31	100

Fuente: Elaboración propia con datos de 36 informantes clave * 5 personas respondieron que no saben.

Tabla 32

Tiempo de respuesta de los pozos de absorción en Chapalita.

	Frecuencia	%
a) De 5 a 10 minutos	6	12.50
b) De 15 a 20 minutos	2	4.17
c) De 25 a 30 minutos	8	16.67
d) Más de 40 minutos (1 hrs, 1 ^{1/2} hrs, 8 hrs)	15	31.25
Total	31	100

Fuente: Elaboración propia con datos de 36 informantes clave * 5 personas respondieron que no saben.

El servicio de recolección de basura es fundamental, ya que, permite saber si la colonia tiene dificultades para gestionar sus residuos sólidos que afecten el sistema de pozos de absorción, la gente la calificó con 8.5 este servicio, por lo tanto se considera como regular, el 55.55% (20) de los encuestados consideró que los recolectores nunca dejan desperdicios en la vía pública, el 35% (12) dijo que dejan desperdicios en pocas ocasiones, el 5.55% (2) dijo que en muchas ocasiones el resto 5.55% (2) dijo que siempre. El servicio de mantenimiento de las calles que implican la limpieza y la cobertura de baches obtuvo una calificación de 7.5.

Gestión del agua residual en la vivienda

El agua residual de las viviendas de la colonia se deriva a la red municipal que se conecta al colector López Mateos y a los subcolectores Tepeyac (longitud: 1,300 m, caudal máximo 3.5 m³, subcolector afluente del subcolector Las Torres) y Guadalupe (longitud: 2,144 m, caudal máximo 4.2 m³, subcolector afluente del subcolector Las Torres), este servicio los residentes lo calificaron con 7.5.

7.1.1. Aporte de agua residual

El aporte de aguas negras es el 80% de la dotación de agua potable, considerando que el 20% restante se consume antes de llegar a los conductos, ya sea por evaporación, infiltración, etc. (SIAPA, 2014).

7.1.2. La cuenca

En esta investigación se tomó como escala la microcuenca, los datos obtenidos fueron de la estación Guadalajara por su cercanía a la colonia Chapalita, dicha información fue proporcionada por la CEA (2016).

7.1.3. Temperatura

En el periodo 1962-2009, los meses con mayor temperatura media mensual abarca de abril a octubre, el mes con la mayor temperatura media mensual es mayo con 24.6 °C (CEA, 2016), los datos de temperatura de la tabla 33 se utilizarán para calcular la evapotranspiración.

7.1.4. Precipitación pluvial y Precipitación máxima en 24 horas

El periodo húmedo se extiende desde finales de la tercera semana de mayo, hasta mediados de la tercera semana de octubre (154 días), en esta época se precipitan aproximadamente 813.6 mm, que equivalen a 93.85% del total anual (tabla 6) (Gobierno Municipal de Guadalajara, 2017).

Los datos históricos medidos en la estación Guadalajara (cercana a Chapalita) durante el periodo 1962-2009, la precipitación media anual es de 999.20 mm, los meses con mayor precipitación va desde junio a septiembre, el mes con la mayor precipitación media anual fue julio con 269.9 mm (tablas 33 y 34 y figuras 87 y 88), también tuvo la media mensual más alta de precipitación máxima en 24 horas con 49 mm (CEA, 2016).

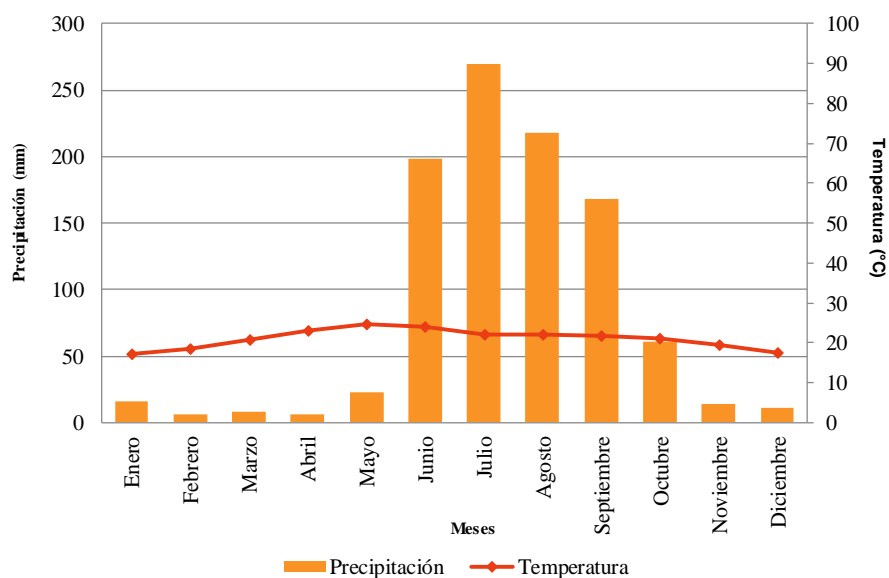


Figura 87. Climodiagrama de la Estación Guadalajara, periodo 1962-2009.
Fuente: Elaborado en la CEA (2016).

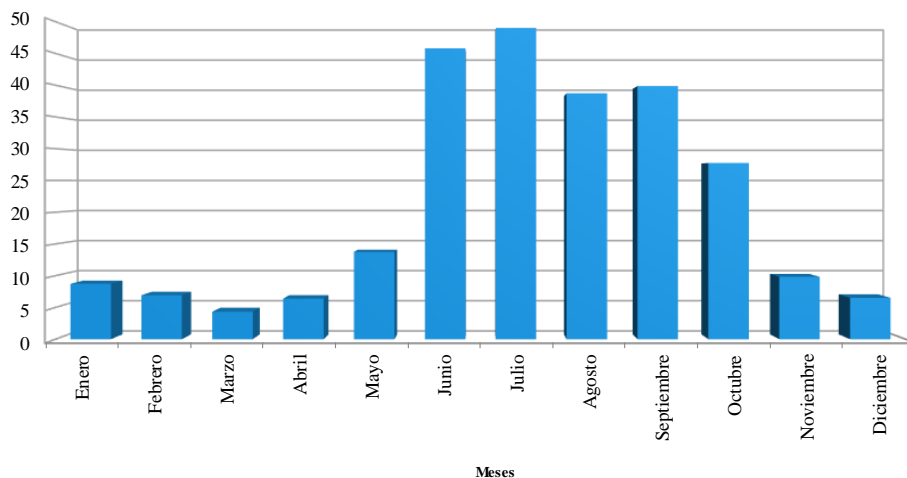


Figura 88. Media Mensual de Lluvias Máximas en 24 h del periodo 1962-2009.
Fuente: Elaborado en la CEA (2016).

Tabla 33

Temperatura y precipitación media mensual medido en la estación Guadalajara periodo 1962-2009.

Latitud: 20°41´		
Longitud : 103° 21´		
Altitud: 1583 msnm		
Estación Guadalajara	Temperatura	Precipitación
Enero	17.1 °C	15.8 mm
Febrero	18.6 °C	6.2 mm
Marzo	20.7 °C	7.9 mm
Abril	23.0 °C	5.8 mm
Mayo	24.6 °C	22.9 mm
Junio	23.9 °C	198.1 mm
Julio	22.1 °C	269.9 mm
Agosto	21.9 °C	218.3 mm
Septiembre	21.8 °C	168.5 mm
Octubre	21.0 °C	60.7 mm
Noviembre	19.4 °C	14.1 mm
Diciembre	17.4 °C	11.0 mm

Fuente: Elaborado en la CEA (2016).

Tabla 34

Lluvias Máximas en 24hrs medias mensuales medidas en la estación Guadalajara periodo 1962-2009.

Latitud: 20°41´	
Longitud: 103° 21´	
Altitud: 1583 msnm	
Estación Guadalajara	Lluvias Máximas en 24 h
Enero	8.7 mm
Febrero	6.9 mm
Marzo	4.3 mm
Abril	6.4 mm
Mayo	13.7 mm
Junio	45.8 mm
Julio	49 mm
Agosto	38.7 mm
Septiembre	39.9 mm
Octubre	27.7 mm
Noviembre	9.8 mm
Diciembre	6.5 mm

Fuente: Elaborado en la CEA (2016).

7.1.5. Evaporación y evapotranspiración

Los meses con mayor evaporación durante 1962-2009 abarca de marzo a junio, el mes con mayor evaporación fue mayo con 409 mm y la evaporación máxima es de 2958.9 mm/añual. La evapotranspiración se calculó con el método de Thornthwaite con los siguientes algoritmos del 3 al 7:

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Ecuación (5)

$$a = 675 * 10^{-9} * I^3 - 771 * 10^{-7} * I^2 + 1792 * 10^{-5} * I + 0.49239$$

Ecuación (6)

$$ETP \text{ Teórica} = 16 * \left(\frac{10*t}{I}\right)^a$$

Ecuación (7)

$$\text{Factor de corrección} = \frac{N}{12} * \frac{d}{30}$$

Ecuación (8)

$$ETo = \frac{N}{12} * \frac{d}{30} * 16 * \left(\frac{10*t}{I}\right)^a$$

Ecuación (9)

Donde:

ETo: evapotranspiración potencial mensual, mm/mes

i: índice térmico mensual

I= índice térmico anual

t= temperatura media mensual del mes, en °C

a= constantes a determinar, que dependen de cada lugar

N= número máximo de horas sol para el mes considerado, según latitud

d= número de días por mes

La evapotranspiración anual que se obtuvo con los algoritmos es de 998.45 mm/añual, el detalle del cálculo realizado se presenta en la tabla 35.

Tabla 35

Evapotranspiración periodo 1962-2009.

Estación	Guadalajara	G	M	S	Lat N
Latitud	20°41'	20	41	60	20.7000
Longitud	103° 21'	103	21	60	103.3667
Altitud	1583 msnm				

Temperatura periodo 1962-2009	Temperatura Media Mensual	(i) Índice Térmico Mensual	ETP Teórica	(N)	$f = \frac{N}{12}$	N° de Días por Mes	(d/30)	ETP (mm/mes)
Enero	17.1	6.4	49.0	11	0.9	31	1.0	46.4
Febrero	18.6	7.3	59.1	11.4	1.0	28	0.9	52.4
Marzo	20.7	8.6	76.3	12	1.0	31	1.0	78.8
Abril	23.0	10.1	97.5	12.6	1.1	30	1.0	102.4
Mayo	24.6	11.1	113.5	13.1	1.1	31	1.0	128.0
Junio	23.9	10.7	106.6	13.3	1.1	30	1.0	118.1
Julio	22.1	9.5	88.3	13.2	1.1	31	1.0	100.4

Continúa tabla 35

Continúa tabla 55

Temperatura periodo 1962- 2009	Temperatura Media Mensual	(i) Índice Térmico Mensual	ETP Teórica	(N)	$f=\frac{N}{12}$	Nº de Días por Mes	(d/30)	ETP (mm/mes)
Agosto	21.9	9.4	87.2	12.8	1.1	31	1.0	96.1
Septiembre	21.8	9.3	86.1	12.2	1.0	30	1.0	87.6
Octubre	21.0	8.8	78.8	11.7	1.0	31	1.0	79.4
Noviembre	19.4	7.8	65.8	11.1	0.9	30	1.0	60.9
Diciembre	17.4	6.6	51.0	10.9	0.9	31	1.0	47.9
		(i) Índice Térmico Anual	a= 2.3				ETP anual	998.45
		105.6						

Fuente: Elaborado con datos de la CEA (2016).

7.1.6. Escurrimiento superficial

Coefficiente de escurrimiento ponderado

El coeficiente de escurrimiento ponderado se obtuvo en función del uso de suelo actualizado y del cálculo de las áreas verdes que se consideraron como permeables y las áreas pavimentadas que se consideraron como impermeables (tablas 30 y 36 y figura 46), para calcularlo se utilizó el algoritmo 8 el resultado de ambas superficies se sumó y se dividió.

Superficie * Ce

*Ecuación (10)**Donde:*

Superficie: Uso de suelo

Ce: Coeficiente de escurrimiento

Tabla 36

Coefficiente de escurrimiento ponderado

Uso de suelo	Datos		
	Superficie m²	Coeficiente de escurrimiento	Superficie * Ce
Habitacional	587,233.56	0.9155	537,612.32
Servicios	211,881.65	0.9155	193,977.65
Mixto	19,862.90	0.9155	18,184.48
Equipamiento Institucional	155,339.50	0.9155	142,213.31
Comercios	61,846.40	0.9155	56,620.38
Baldíos	22,640.52	0.9155	20,727.40
Áreas Verdes	44,144.04	0.2500	11,036.01
Industrial	4,932.08	0.9155	4,515.31
Instalaciones Especiales	496.90	0.9155	454.91
Turístico	25,956.76	0.9155	23,763.42
Sin Uso	440.07	0.9155	402.88

Continúa tabla 36

Datos			
Uso de suelo	Superficie m ²	Coefficiente de escurrimiento	Superficie * Ce
Sin Actividad	1,055.72	0.9155	966.51
Vialidades, banquetas	625,385.95	0.9155	572,540.84
Total	1,761,216.04		1,583,015.42
Resultado			
Coefficiente de escurrimiento ponderado		0.90	

Fuente: Elaboración propia con datos de uso de suelo.

Los resultados obtenidos son: el área total de la colonia Chapalita es de 1,761,216.04 m², las áreas verdes representan el 8.45% (148,799.61 m²) de su territorio y las áreas pavimentadas representan el 91.55% (1,612,416.43 m²), con base en ello hicieron los cálculos que se presentan en las tablas 30 y 36, con ello, se obtuvo un coeficiente de escurrimiento ponderado de 0.90.

Tiempo de concentración

Como se mencionó anteriormente, por su ubicación geográfica, la colonia Chapalita se encuentra en el sistema hidrológico de la subcuenca San Juan de Dios (figura 27) y por las pendientes del terreno natural se crea un parteaguas divisorio, con ello, se crea una frontera entre microcuencas, la colonia se encuentra en esa línea divisoria, por lo que, recibe escurrimientos de las Microcuencas Norte y Sur (figura 87).

Una vez identificadas las microcuencas, se calculó el tiempo de concentración de cada una de ellas, para ello, se requirió calcular la pendiente con la longitud del cauce principal, la cota máxima y la cota mínima con el algoritmo 9.

$$Pendiente = \frac{(cota\ 1) - (cota\ 2)}{Distancia}$$

Ecuación (11)

Donde:

Cota 1: cota máxima

Cota 2: cota mínima

Distancia: longitud del cauce principal

Para la microcuenca norte, se obtuvo una pendiente de 0.0080 mm, y el tiempo de concentración obtenido fue de 1.69, un total de 101.51 min, el cálculo a detalle presenta en la tabla 37, en el caso de la microcuenca sur los escurrimientos vienen del cerro del Colli por ello de acuerdo con Félix, 2005, se determinó como cota máxima la del cerro, se calculó una pendiente de 0.0375 mm, y el tiempo de concentración calculado fue de 1.35, un total de 80.71 min, en la tabla 38 se presenta a detalle el cálculo realizado.

Tabla 37

Tiempo de concentración

Microcuenca Norte		
Longitud del cauce principal	6007.60	m
Cota Máxima	1636.00	m
Cota Mínima	1588.00	m
Pendiente del cauce principal	0.0080	mm
Resultado		
Tiempo de concentración	1.69	h
	101.51	min

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38

Tiempo de concentración

Microcuenca Sur		
Longitud del cauce principal	9660.80	m
Cota Máxima	1950.00*	m
Cota Mínima	1588.00	m
Pendiente del cauce principal	0.0375	mm
Resultado		
Tiempo de concentración	1.35	h
	80.71	min

Fuente: Elaboración propia. * Félix (2005).

Con base en los levantamientos de campo realizados por la asociación civil Residentes de Chapalita A.C. (2016) y el Gobierno Municipal de Guadalajara (2017), la dirección de los escurrimientos generales en la colonia es hacia el nororiente, el agua se dirige hacia las zonas bajas de la colonia para buscar su salida, ya que, ambas microcuencas son exorreicas, es decir, son tributarias de la subcuenca San Juan de Dios que tiene su salida hacia el Río Grande Santiago (figura 89).

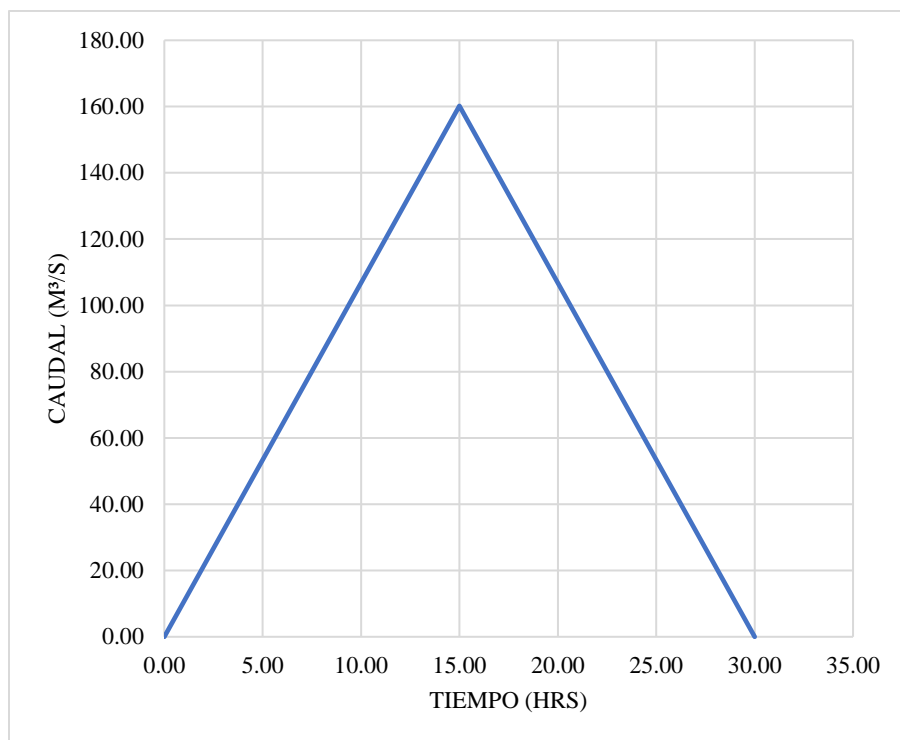


Figura 90. Caudal estimado en la microcuenca norte con el método racional.
Fuente: Elaborado con datos de la CEA y estimaciones realizadas.

Tabla 39

Estimación del gasto máximo con el método racional

Microcuenca Norte		
Datos		
Área	13.08	km²
Periodo de retorno	55.00	años
Tiempo de concentración	1.69	h
	101.51	min
Duración de tormenta	0.25	h
	15.00	min
Intensidad	49.00	mm/h
Coefficiente de escurrimiento	0.90	
Resultado		
Caudal	160.19	m³/s
	160,189.49	l/s
Volumen	144,170.54	m³

Fuente: Elaboración propia.

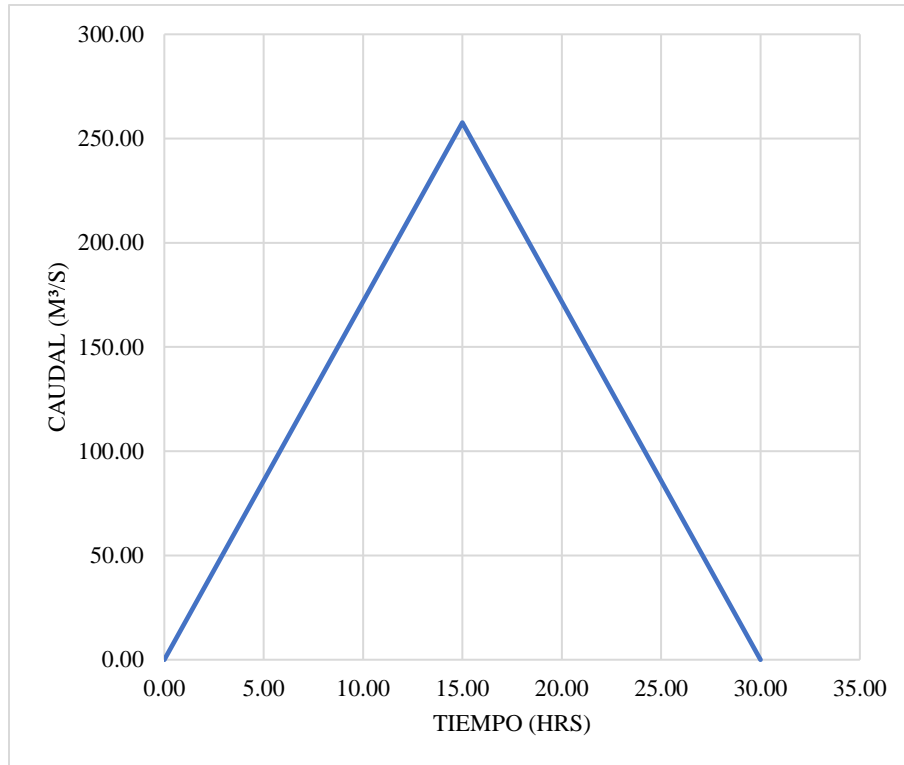


Figura 91. Caudal estimado en la microcuenca sur con el método racional.
Fuente: Elaborado con datos de la CEA y estimaciones realizadas.

Tabla 40

Estimación del gasto máximo con el método racional

Microcuenca Sur		
Datos		
Área	21.04	km²
Periodo de retorno	55.00	años
Tiempo de concentración	1.35	h
	80.71	min
Duración de tormenta	0.25	h
	15.00	min
Intensidad	49.00	mm/h
Coeficiente de escurrimiento	0.90	
Resultado		
Caudal	257.64	m³/s
	257,639.70	l/s
Volumen	231,875.73	m³

Fuente: Elaboración propia.

El *US Soil Conservation Service (SCS)*, designa a las pérdidas iniciales que ocurren antes de que el escurrimiento empiece, para mayor detalle metodológico revisar el estudio Geoex-

SIAPA. Con base en el método y los cálculos presentados a detalle en las tablas 41 y 42, se obtuvo lo siguiente: la precipitación efectiva calculada fue de 44.04 mm, en la microcuenca norte, se obtuvo un tiempo punta de 90.90 h, con un tiempo base de 242.71 h, el caudal pico que se estimó fue de 105.65 m³/s, representando un volumen de 781,845.70 m³. En la microcuenca sur, se estimó un tiempo punta de 78.43 h, con un tiempo base de 209.41 h, el caudal pico calculado fue de 196.94 m³/s, representando un volumen de 1, 257,476.37 m³ (figuras 92 y 93, tablas 41 y 42).

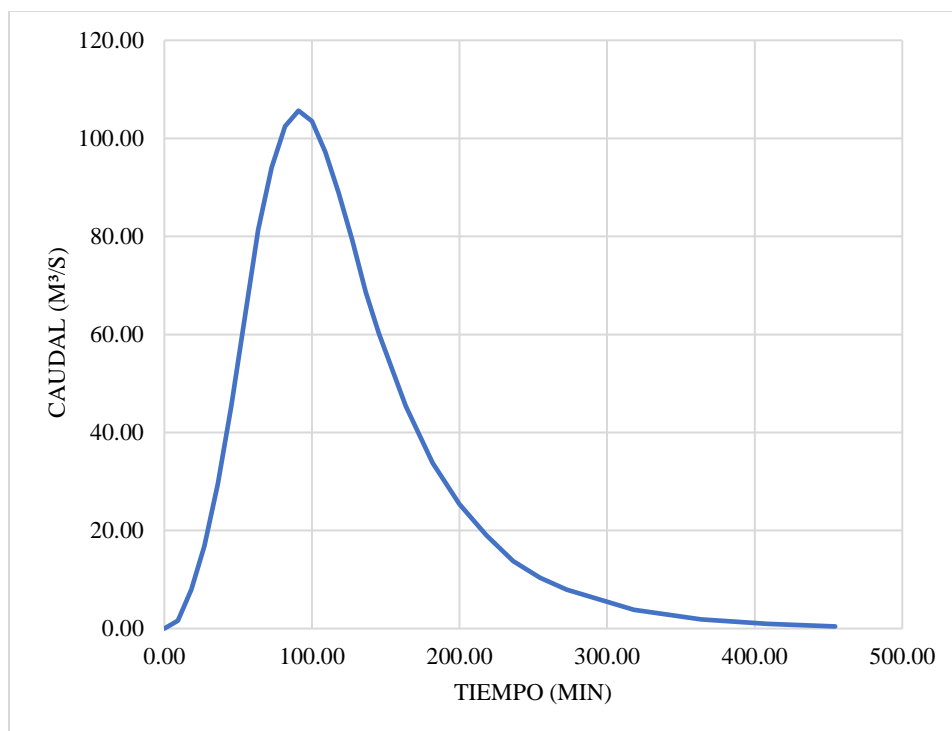


Figura 92. Caudal estimado en la microcuenca norte con el método Soil Conservation Service.

Fuente: Elaborado con datos de la CEA y estimaciones realizadas.

Tabla 41

Estimación del gasto máximo con el método Soil Conservation Service

Microcuenca Norte		
Datos		
Área	13.08	km ²
Periodo de retorno	55.00	años
Duración de tormenta	1.00	h
	60.00	min
Tiempo de concentración	1.69	h
	101.51	min
Precipitación Total	49.00	mm

Continúa tabla 41

Microcuenca Norte				
Coeficiente de escurrimiento		0.90		
Precipitación Efectiva		44.04	mm	
Resultado				
Tiempo punta		90.90	h	
Tiempo base		242.71	h	
Caudal pico		105.65	m³/s	
		105,647.58	l/s	
Grafica				
t /tp	Q/Qp	t	Q	Volumen
		min	m³/s	m³
0.00	0.00	0.00	0.00	
0.10	0.02	9.09	1.58	432.17
0.20	0.08	18.18	7.92	2,593.00
0.30	0.16	27.27	16.90	6,770.60
0.40	0.28	36.36	29.58	12,676.87
0.50	0.43	45.45	45.43	20,455.85
0.60	0.60	54.54	63.39	29,675.39
0.70	0.77	63.63	81.35	39,471.15
0.80	0.89	72.72	94.03	47,826.36
0.90	0.97	81.81	102.48	53,588.57
1.00	1.00	90.90	105.65	56,757.79
1.10	0.98	99.99	103.53	57,045.90
1.20	0.92	109.08	97.20	54,741.01
1.30	0.84	118.17	88.74	50,707.46
1.40	0.75	127.26	79.24	45,809.58
1.50	0.65	136.35	68.67	40,335.48
1.60	0.57	145.44	60.22	35,149.49
1.80	0.43	163.63	45.43	57,622.12
2.00	0.32	181.81	33.81	43,216.59
2.20	0.24	199.99	25.36	32,268.39
2.40	0.18	218.17	19.02	24,201.29
2.60	0.13	236.35	13.73	17,862.86
2.80	0.10	254.53	10.35	13,137.84
3.00	0.08	272.71	7.92	9,968.63
3.50	0.04	318.16	3.80	15,990.14
4.00	0.02	363.61	1.90	7,778.99
4.50	0.01	409.06	0.95	3,889.49
5.00	0.00	454.52	0.42	1,872.72
			Total	781,845.70

Fuente: Elaboración propia.

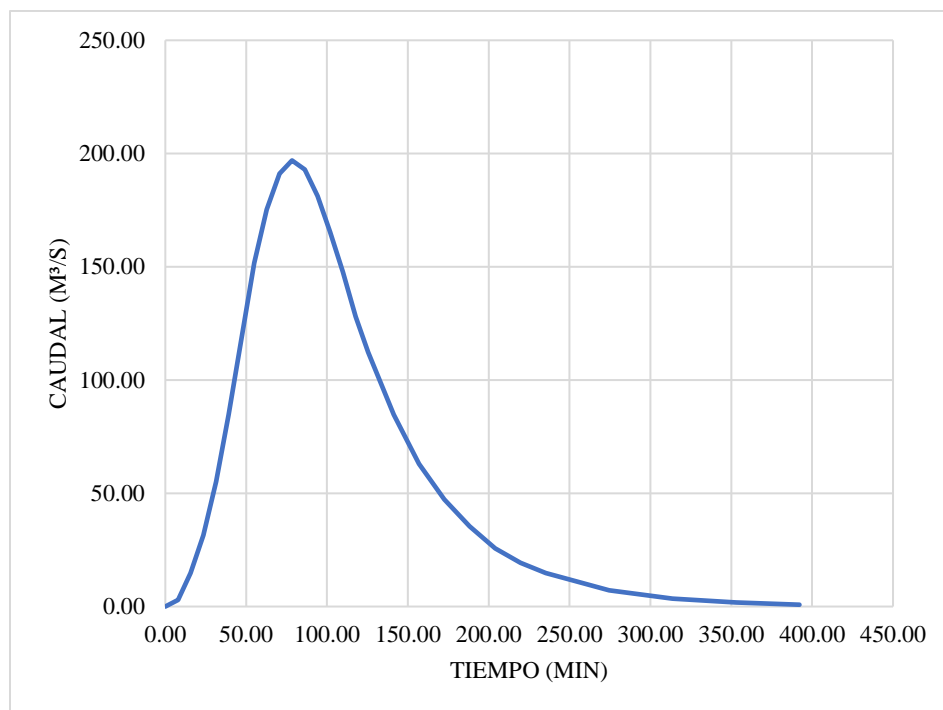


Figura 93. Caudal estimado en la cuenca sur con el método Soil Conservation Service.
Fuente: Elaborado con datos de la CEA y estimaciones realizadas.

Tabla 42

Estimación del gasto máximo con el método Soil Conservation Service

Microcuenca Sur		
Datos		
Área	21.04	km²
Periodo de retorno	55.00	años
Duración de tormenta	1.00	h
	60.00	min
Tiempo de concentración	1.35	h
	80.71	min
Precipitación Total	49.00	mm
Coefficiente de escurrimiento	0.90	
Precipitación Efectiva	44.04	mm
Resultado		
Tiempo punta	78.43	h
Tiempo base	209.41	h
Caudal pico	196.94	m³/s
	196,943.05	l/s

Continúa tabla 42

Microcuenca Sur				
Grafica				
t / tp	Q / Qp	t	Q	Volumen
		min	m³/s	m³
0.00	0.00	0.00	0.00	
0.10	0.02	7.84	2.95	695.07
0.20	0.08	15.69	14.77	4,170.43
0.30	0.16	23.53	31.51	10,889.45
0.40	0.28	31.37	55.14	20,388.75
0.50	0.43	39.21	84.69	32,900.03
0.60	0.60	47.06	118.17	47,728.22
0.70	0.77	54.90	151.65	63,483.16
0.80	0.89	62.74	175.28	76,921.21
0.90	0.97	70.59	191.03	86,188.82
1.00	1.00	78.43	196.94	91,286.01
1.10	0.98	86.27	193.00	91,749.39
1.20	0.92	94.11	181.19	88,042.34
1.30	0.84	101.96	165.43	81,555.01
1.40	0.75	109.80	147.71	73,677.54
1.50	0.65	117.64	128.01	64,873.31
1.60	0.57	125.49	112.26	56,532.45
1.80	0.43	141.17	84.69	92,676.15
2.00	0.32	156.86	63.02	69,507.11
2.20	0.24	172.54	47.27	51,898.65
2.40	0.18	188.23	35.45	38,923.98
2.60	0.13	203.92	25.60	28,729.61
2.80	0.10	219.60	19.30	21,130.16
3.00	0.08	235.29	14.77	16,032.97
3.50	0.04	274.50	7.09	25,717.63
4.00	0.02	313.72	3.54	12,511.28
4.50	0.01	352.93	1.77	6,255.64
5.00	0.00	392.14	0.79	3,011.97
Total				1,257,476.37

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar una comparación de ambos métodos (figuras 94-95), para la etapa del balance hídrico, se tomarán en consideración las estimaciones de ambas microcuencas realizadas con el método SCS.

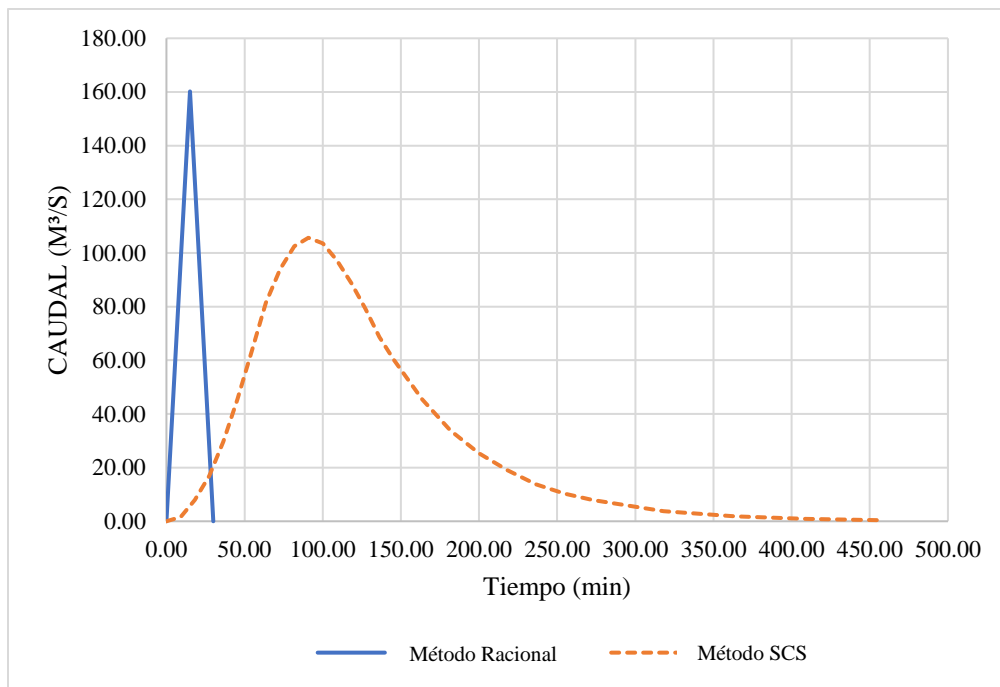


Figura 94. Hidrogramas para la microcuenca norte.
Fuente: Elaborado con datos de la CEA y estimaciones realizadas.

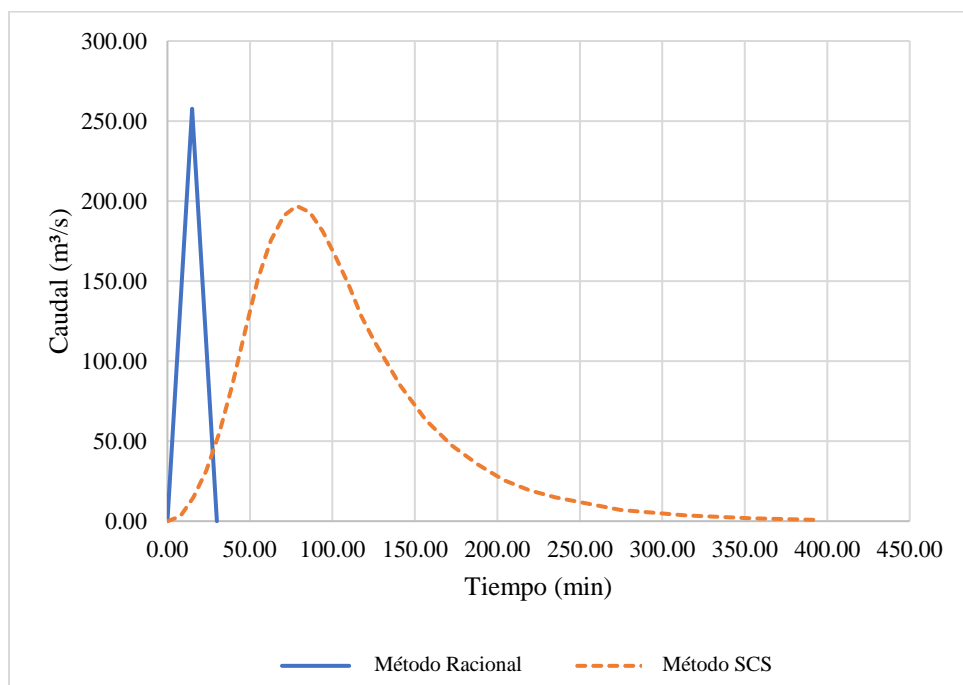


Figura 95. Hidrogramas para la microcuenca sur
Fuente: Elaborado con datos de la CEA y estimaciones realizadas.

7.2. Desarrollo del modelo conceptual

El modelo para el área de estudio fue construido desarrollando un algoritmo simplificado para explicar el balance hídrico, teniendo como base las principales entradas y salidas y los procesos de acumulación del sistema, la herramienta que se utilizó para soportar el algoritmo fue Office Excel. Esto permitió conocer y estimar cada uno de los componentes del ciclo hidrológico urbano para describir el proceso de la gestión de las aguas urbanas que se lleva a cabo en la actualidad en la colonia Chapalita que se presenta en el balance de aguas (figura 96) de acuerdo con las escalas mencionadas anteriormente.

7.3. Solución del modelo de balance hídrico y simulación del escenario actual

Con los datos presentados anteriormente, se realizó el balance hídrico general de la cuenca urbana de la colonia Chapalita (ver ecuación 1), la entrada total de agua que se cuantificó fue de 4,410,727.07 m³/año, en concordancia con su metodología de clasificación y criterios por color (ver AgroDer, 2012) tenemos que la huella hídrica total es de 3,610,284.45 m³/año, se le restó 800,442.62 m³/año que no se considera dentro de la huella hídrica, porque, es producto de la evaporación, la evapotranspiración y el volumen de agua infiltrada por los pozos de absorción, es decir, regresa intacta al ciclo del agua en un tiempo breve, por lo tanto, su huella hídrica se divide en agua azul, agua verde y agua gris (figura 96).

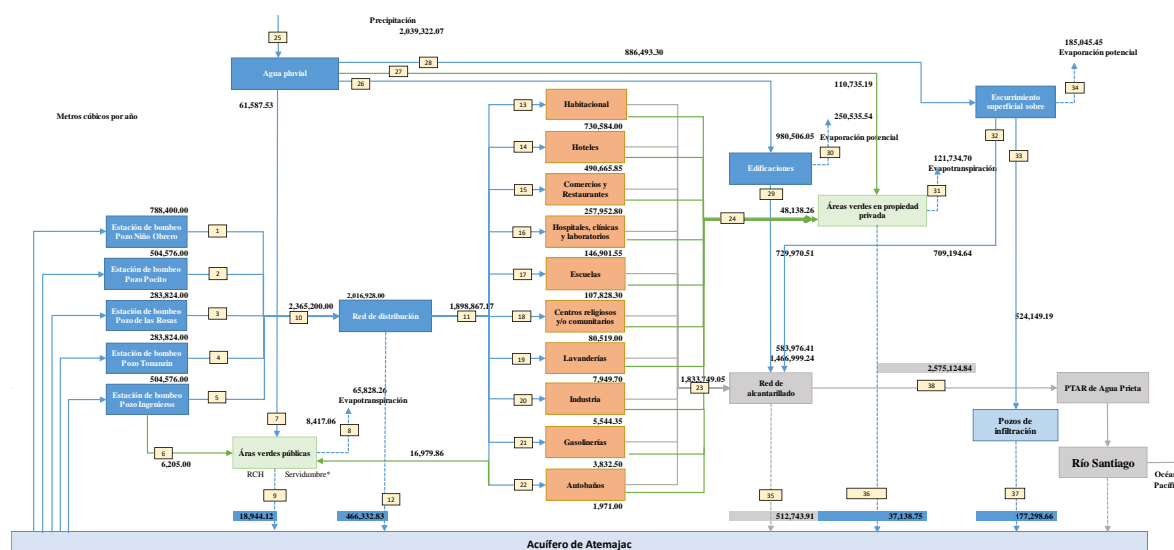


Figura 96. Balance hídrico: situación actual de Chapalita

Fuente: Elaboración propia.

El agua azul final es de 2,300,081.88 m³/año, que implica la extracción de agua subterránea para el suministro por uso consuntivo de la colonia y el agua que se fuga en la red de distribución, representa el 63.71% de la huella hídrica de la colonia, el agua verde es de 56,082.87 m³/año producto del uso del agua en el riego de las áreas verdes públicas y privadas, representa el 1.55 % y posteriormente se convierte en un cambio de almacenamiento en el sistema al infiltrarse al subsuelo, el volumen total de agua gris es de 1,254,119.70 m³/año, representa el 34.74%, ésta, es producto de la combinación de la

descarga de agua residuales por uso consuntivo que se junta en el drenaje con las aguas pluviales que se canalizan de las edificaciones y de la escorrentía en las calles, el agua gris se canaliza a la planta de tratamiento Agua Prieta (RCH, 2016).

El cuerpo receptor del agua tratada es el Río Grande Santiago, que recarga el acuífero de Atemajac que por la sobreexplotación se invirtió localmente la dirección de flujo subterráneo, originalmente de oeste a este (Geoex-SIAPA,2003).

De acuerdo con la ecuación general de Balance hídrico, la sumatoria de las entradas del sistema como la P: $2,039,322.07 \text{ m}^3 + \text{Ex: } 2,371,405.00 \text{ m}^3 = 4,410,727.07 \text{ m}^3/\text{año}$.

Es igual a la sumatoria de las salidas del sistema: $\text{Ev: } 623,143.95 \text{ m}^3 + \text{Rs: } 524,149.19 \text{ m}^3 + \text{Rw: } 2,050,975.65 \text{ m}^3 + \Delta \text{S: } 1,212,458.27 \text{ m}^3 = 4,410,727.07 \text{ m}^3/\text{año}$ (tabla 43).

Tabla 43

Balance hídrico de la Colonia Chapalita

Número de corriente	Descripción	Agua subterránea	Agua potable	Aguas pluviales	Aguas residuales
1	Estación de bombeo Pozo Niño Obrero	788,400.00			
2	Estación de bombeo Pozo Pocito	504,576.00			
3	Estación de bombeo Pozo de las Rosas	283,824.00			
4	Estación de bombeo Pozo Tonántzin	283,824.00			
5	Estación de bombeo Pozo Ingenieros	504,576.00			
6	Abastecimiento terrestre para riego de áreas verdes (RCH)	6,205.00			
7	Agua pluvial captada y Riego de áreas verdes de espacios públicos	61,587.53			
8	Evapotranspiración potencial (acumulado) de las áreas verdes de espacios públicos	65,828.26			
9	Infiltración al subsuelo de las áreas verdes de espacios públicos	18,944.12			
10	Red de distribución de agua potable		2,365,200.00		
11	Abastecimiento de agua potable a usuarios		1,898,867.17		
12	Pérdidas por fugas en la red de suministro de agua potable		466,332.83		
13	Habitacional		730,584.00		
14	Hoteles		490,665.85		
15	Comercios y restaurantes		257,952.80		
16	Hospitales y clínicas		146,901.55		
17	Escuelas		107,828.30		
18	Centros religiosos y/o comunitarios		80,519.00		
19	Lavanderías		7,949.70		
20	Industria		5,544.35		
21	Gasolineras		3,832.50		
22	Autobaños		1,971.00		
23	Descarga de aguas residuales				1,833,749.05

Continúa tabla 43

Número de corriente	Descripción	Agua subterránea	Agua potable	Aguas pluviales	Aguas residuales
24	Riego de áreas verdes en propiedad privada			48,138.26	
25	Precipitación pluvial			2,039,322.07	
26	Captación de agua pluvial en azoteas			980,506.05	
27	Captación de agua pluvial en áreas verdes de la propiedad privada			110,735.19	
28	Escurrimiento superficial sobre calles			886,493.30	
29	Canalización de agua pluvial de azoteas hacia la red de alcantarillado			729,970.51	
30	Evaporación potencial del agua pluvial captada en la azotea			250,535.54	
31	Evapotranspiración potencial (acumulado) de las áreas verdes de propiedad privada			121,734.70	
32	Escurrimiento superficial sobre calles			709,194.64	
33	Conducción a pozos de infiltración del escurrimiento superficial			524,149.19	
34	Evaporación potencial del escurrimiento superficial			185,045.45	
35	Pérdidas por fugas en la red de alcantarillado			512,743.91	
36	Infiltración al subsuelo de las áreas verdes de la propiedad privada			37,138.75	
37	Infiltración del escurrimiento superficial por el sistema de pozos de infiltración			177,298.66	
38	Conducción de aguas residuales a la PTAR de Agua Prieta				2,575,124.84
ENTRADAS:		4,410,727.07			
SALIDAS:		4,410,727.07			

Fuente: Elaboración propia.

Para mayor detalle del balance hídrico de la colonia Chapalita consultar figura 96 y las tablas de la 20 a la 43.

7.4. Riesgos hídricos

Suministro de agua y crecimiento futuro de la población

En prospectiva, para el año 2045 la población futura que se calculó para Chapalita es la siguiente: población fija 12,302 habitantes. La población flotante se estimó de acuerdo con los censos económicos realizados por el INEGI, en los años 2004, 2009 y 2014 (tabla 44), en el que se refleja un comportamiento de las unidades económicas constante, es decir, el promedio de establecimientos por manzana en la ZMG es de 1.6, esto permite la potencialización de los usuarios existentes por el cambio del uso del suelo, construcción de otros hoteles, la construcción de nuevos edificios de departamentos, porque, en el plan parcial para Chapalita GDL (2018).

Tabla 44

Variables económicas 2004, 2009 y 2014⁵

Unidades económicas	2004	2009	2014
Unidades económicas (unidades)	209,115	260,067	308,138
Personal ocupado total (personas)	1,094,516	1,355,766	1,455,400
Valor del consumo de agua (miles de pesos)	89,514	1,484,254	2,085,219
Valor de la energía eléctrica consumida (miles de pesos)	4,120,478	9,395,902	10,216,703
Promedio de establecimientos por manzana (unidades promedio)	1.6	1.6	1.6
Promedio de personal ocupado por unidad económica (personas promedio)	5.2	5.2	4.7

Fuente: Elaboración propia.

Para a la zona en la que se ubica la colonia Chapalita, muestra que hay zonas de oportunidad para realizar más construcciones y forma parte de los polígonos prioritarios a densificar, para Zapopan, se puede potencializar a partir de la tendencia de la vivienda y el uso del suelo actualizado. También existe la posibilidad de ocupar grandes edificios en su totalidad, los que tienen gran potencial de concentrar la población fija se marcaron en color rojo y los que tienen potencial de concentrar población flotante se marcaron en color café (figura 97).

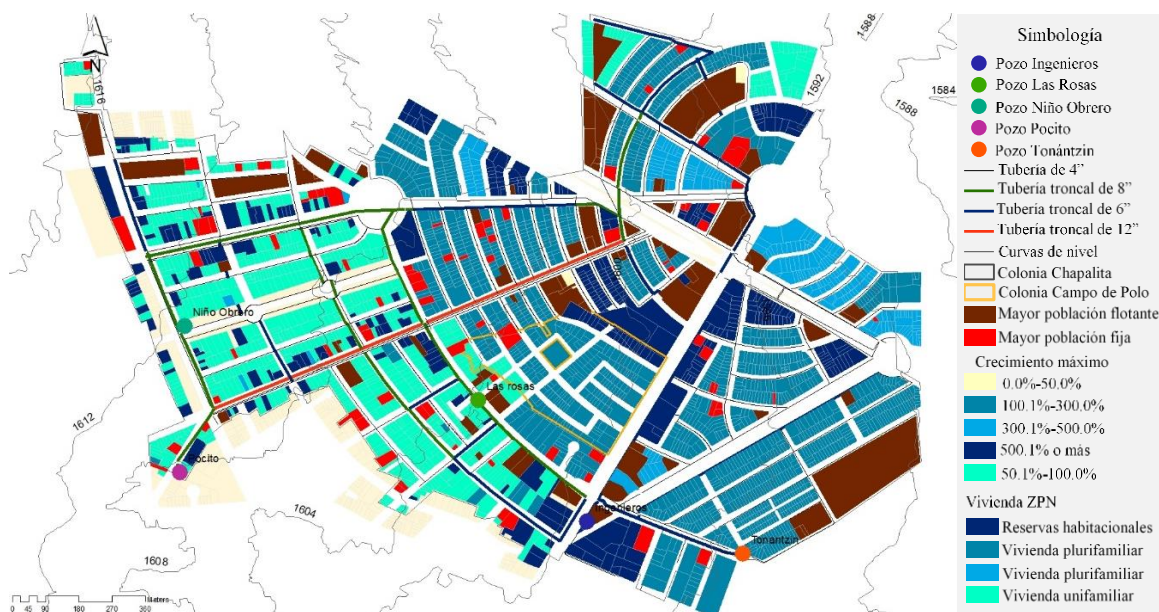


Figura 97. Concentración de la población fija-flotante y potencial de crecimiento máximo 2045.

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno municipal de Guadalajara 2018 y Gobierno municipal de Zapopan (PND: 2007-2012).

⁵ Recuperado en:

<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjIwLjY2NTgxLGxvbjotMTAzLjQwMDU2LHo6MTEsbDpjZWVvMjAxNA==&theme=ce2014>

Se estimó que la población flotante a futuro será de 32,663 personas y la población estimada para los hoteles es de 5,221, en total se calculó que en la colonia Chapalita habrá un flujo poblacional de 50,193 personas, para satisfacer los requerimientos de agua de esta población, se necesita un volumen de 2,978,379.11 m³/año que representa un caudal total de 94.59 l/s, tomando en cuenta que actualmente se extraen 75 l/s, se requieren 19.60 l/s adicionales, esto representa un volumen adicional de 617,842.47 m³ que se obtendría con la reducción de fugas en un 10%.

Contaminación del agua

De acuerdo con los documentos consultados, los peligros por infraestructuras, el gobierno municipal de Guadalajara (2018) clasifica los siguientes: por instalaciones: gasolineras, industrias, ductos de hidrocarburos, hospitalarios. Las instalaciones de riesgo identificadas para la colonia Chapalita se detallan en la tabla 12.

Riesgos por instalaciones: en la colonia Chapalita hay 4 gasolineras, en caso de accidente hay un radio de acción de 500 m, pondría en riesgo a una cantidad importante de la población, porque, en la zona hay una gran concentración de escuelas, hoteles de 2, 3 y 5 estrellas, torres de departamentos, hospitales. El riesgo hídrico por explosión dañaría la infraestructura existente como 3 pozos de abastecimiento, la red de agua potable y alcantarillado, existe riesgo de contaminación por fugas de gasolina (figura 98).

Por industrias: de acuerdo con el DENUE 2017 y el SCIAN México, en la colonia hay 7 unidades dedicadas a la industria (figura 98):

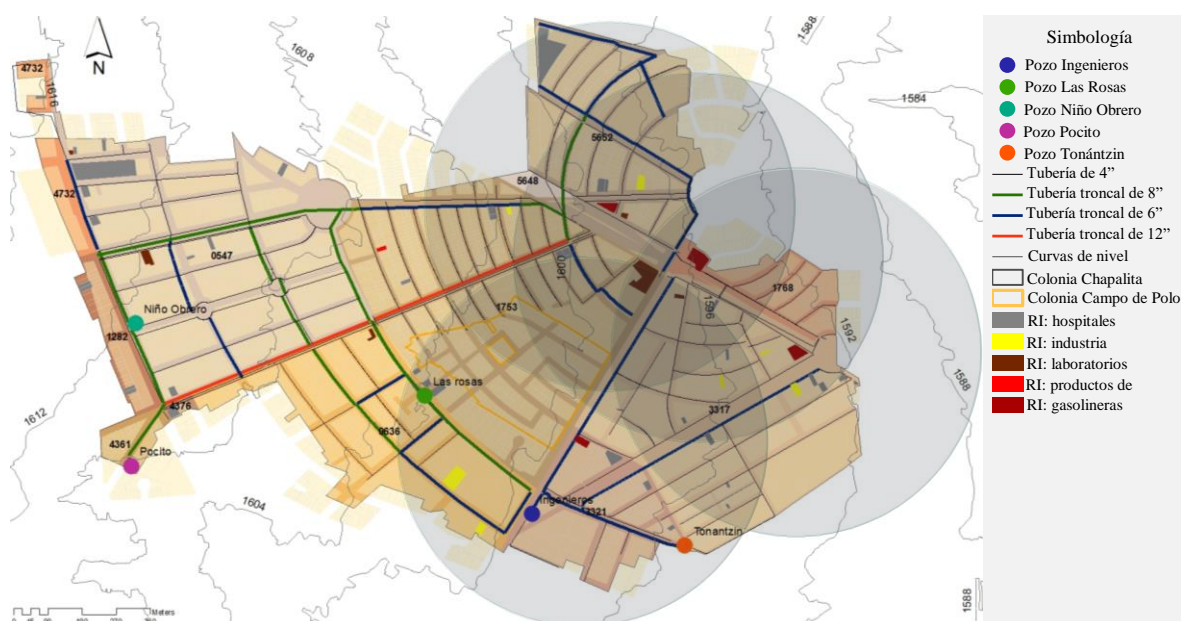


Figura 98. Riesgo hídrico por instalaciones en Chapalita

Fuente: Elaboración propia.

1. La industria manufacturera; 2. La industria química; 2. La industria del plástico y del hule; 3. La fabricación de productos a base de minerales no metálicos; 4. La fabricación de

productos metálicos; 5. La fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos; 6. La fabricación de instrumentos de medición, control, navegación, y equipo médico electrónico; 7. La fabricación de juguetes (tabla 29).

Ductos de hidrocarburos: la infraestructura de gas natural (figura 98) es de peligro alto cuando no se realiza el mantenimiento o la supervisión. La red sirve a dos usuarios ubicados por Av. Adolfo López Mateos y el ducto continúa al poniente por las avenidas Inglaterra y Lázaro Cárdenas, al sur por Av. Adolfo López Mateos (gobierno municipal de Guadalajara, 2018).

Hospitalarios: en la colonia se establecieron clínicas, consultorios y hospitales (Santa María Chapalita, Ángeles Integrales Chapalita, S.C., Hospital Mundo Físico y Purelife), laboratorios médicos y de diagnóstico, el riesgo por contaminación del agua es alto cuando no se realiza el mantenimiento o la supervisión adecuado (tabla 29 y figura 98).

También se identificaron comercios que por las actividades y productos implican un riesgo para la colonia: hojalatería y pintura de automóviles y camiones; lavado y lubricado de automóviles y camiones, lavanderías y tintorerías, comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales para la industria y materiales de desecho, comercio al por menor de artículos para la limpieza, comercio al por mayor de pintura y comercio al por menor de pintura.

Para determinar el grado de riesgo hídrico que implican las instalaciones y comercios mencionados anteriormente, se tendría que evaluar y analizar los riesgos para la población y riesgo de contaminación de los recursos hídricos por accidentes y su proximidad a los pozos, el manejo de residuos generados y el consumo de agua.

Cambio climático

El calentamiento global, es una de las amenazas que se enfrenta hoy, dado que, hasta el mínimo incremento de la temperatura puede causar serias perturbaciones como: cambios en el ciclo del agua y su equilibrio, la calidad del agua también se ve afectada por el incremento de aerosoles a la atmósfera de origen antropogénico que forman una neblina que priva a la tierra de la radiación solar y a su vez, por absorción provocan un impacto en el cambio de las precipitaciones pluviales (Ramanathan *et al.*, 2005; Pathirana *et al.* 2007, citados por Vairavamoorthy, Kala, *et al.*, 2008).

Por los efectos del cambio climático, hay dos posibilidades de importancia, la primera es la dificultad de prever a corto y largo plazo los cambios en el ciclo del agua, la segunda es la importante redistribución que está experimentando la lluvia, aunado a ello, las zonas urbanas de los países en desarrollo se enfrentan a una creciente escasez de agua, para contrarrestar el estrés hídrico, es conveniente pasar de la tradicional "gestión basada en el suministro" a la "gestión de la demanda" que se centra en la eficiencia y el suministro intermitente de agua en dos partes, la primera es la gestión de la presión y la segunda es la

ubicación óptima de válvulas (Vairavamoorthy y Lumbers, 1998; Vairavamoorthy y Ali, 1998; UNESCO, 2003, citados por Vairavamoorthy, Kala, *et al.*, 2008).

El crecimiento de la población y el cambio climático afectará la disponibilidad de agua para todas las ciudades de los países en desarrollo con una población mayor a 100,000 personas. De acuerdo con proyecciones de la población, en el 2050, 3,100 millones de residentes urbanos se enfrentarán la escasez estacional de agua dentro de su extensión urbana. A causa del cambio climático, el tema de la escasez del agua en algunas ciudades se agravará, la disponibilidad disminuirá, mientras que en otras la disponibilidad aumentará (McDonald, *et al.*, 2011).

7.5. Discusión

Como se mostró en los resultados del Balance Hídrico de la cuenca urbana de la colonia Chapalita, el modelo de gestión de sus recursos hídricos es ineficiente, esto se puede saber por su huella hídrica, es decir, actualmente se extraen 2,365,200.00 m³/año, menos 65,118.12 m³/año, que se utiliza para el riego de áreas verdes públicas y privadas, también pasa por el proceso de evapotranspiración y posteriormente se convierte en agua verde, por las propiedades del suelo se infiltra y vuelve al ciclo hidrológico. El agua azul final es un volumen de 2,300,081.88 m³/año, parte de esta agua termina por convertirse en agua gris al canalizarse a la red de alcantarillado.

La extracción de agua subterránea se rige en función de la demanda de una población creciente y la conduce a través de una red que no opera adecuadamente, con el modelado de la red, se determinó que carece de un balance hidráulico y que existe un bloqueo hidráulico, a esto le adicionamos que ya cumplió su vida útil y los materiales de los que está hecha contaminan, esto acarrea problemas y genera un patrón de contaminación del agua azul por las fugas en la red, por las concentraciones de cloro derivado del proceso de tratamiento del agua para el suministro.

En el ciclo urbano de la colonia únicamente se reintegra intacto al ciclo hidrológico un volumen de 800,442.62 m³/año producto de la evaporación, la evapotranspiración, y el volumen de agua infiltrada por los pozos de absorción.

El agua gris de la colonia se incrementa por dos vías, la primera, es la conducción de un volumen de 2,575,124.84 m³/año, ya que, en el alcantarillado se conducen aguas pluviales y residuales, la segunda vía es la recarga de un volumen de 512,743.91 m³/año de aguas residuales al acuífero producto de las fugas en la infraestructura.

En la colonia se pierde un volumen de agua de 3,554,201.58 m³/año, lo suficiente para satisfacer el agua requerida por sus habitantes y tener agua de reserva. Esta pérdida de agua proviene de cinco fuentes principales, la primera es el agua que se pierde en la red de abastecimiento y edificaciones que representa un volumen de 466,332.83 m³/año, la segunda es el agua pluvial que se pierde en las azoteas de las construcciones, este representa un volumen de 583,976.41 m³/año, la tercera es la procedente de la escorrentía, representa un

volumen de 524,149.19 m³/año, la cuarta proviene de las aguas residuales que se podrían recuperar mediante tratamiento, ésta representa un volumen de 1,466,999.24 m³/año, la quinta representa el agua que se pierde en la red de alcantarillado con un volumen de 512,743.91 m³/año.

El cambio climático es un riesgo hídrico para estudiar ampliamente, ya que, como se mencionó anteriormente, es impredecible y en este modelo de balance hídrico, no se consideró, porque, los datos obtenidos fueron limitados. Es pertinente recaudar información que permita modelar diferentes escenarios con los que se genere un monitoreo para correlacionar la disponibilidad de agua y la calidad del agua con la temperatura, entre otras variables, además es necesario incluir en el modelado los contaminantes atmosféricos y la contaminación por los automóviles con la finalidad de dimensionar el problema en el área de estudio.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con todo lo expuesto a lo largo de esta investigación, se establecen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. El Balance Hídrico de una cuenca urbana, es una herramienta útil para cuantificar el impacto de la huella hídrica de los asentamientos urbanos e identificar los problemas asociados al manejo del recurso y la modificación del régimen hidrológico, por lo tanto, su aplicación debe ser considerada para la toma de decisiones.
2. La Huella Hídrica en el área de estudio aumenta con el crecimiento de la población lo cual propicia mayor extracción de agua subterránea a fin de satisfacer la demanda.
3. Las fugas en la red de abastecimiento en el área de estudio, extrapoladas a la escala metropolitana, constituye uno de los factores que inducen de forma significativa el incremento de la huella hídrica azul y el abatimiento del nivel freático, generando un patrón de estrés hídrico en la ciudad, ocasionando que se extraiga agua a mayor profundidad de menor calidad y a la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento.
4. Para reducir la huella hídrica del fraccionamiento, es necesario generar un Plan de Sustentabilidad Hídrica del fraccionamiento en un horizonte de mediano y largo plazo.
5. El Plan de Sustentabilidad Hídrica deberá contemplar, entre otros: obras de captación del agua pluvial, separación y tratamiento descentralizado del agua pluvial y del agua residual, reutilización del agua pluvial y del agua residual tratada, construcción de un tanque de regulación y renovación de la red de abastecimiento de agua potable, y de alcantarillado, con la finalidad de reducir pérdidas.
6. Se recomienda el uso del Sistema de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) que se vincule a un sistema SIG y modelo de simulación, para ello, habrá capacitar y actualizar técnicamente y a los empleados encargados de la operación de la red para usar software como QGis o ArcGis y programas de modelación hidráulica como Epanet o similares.
7. Se requiere recuperar un 10% de caudal que se fuga de la red para disminuir el déficit para el suministro de la demanda futura, esto ayudaría a cambiar de gasto máximo horario a máximo diario, porque el bombeo que se maneja actualmente es directo a la red, al reducir pérdidas ya no habría necesidad de extraer más agua ni perforar más pozos y los que existen actualmente ya no sigan abatiéndose.
8. La modelación de la red se hizo para ayudar en la toma de decisiones, porque, el modelo mostró que los 5 pozos no pueden operar al mismo tiempo, ya que, desbalancean el sistema, lo ideal para obtener el balance hidráulico es operar 3 pozos que dan mayor caudal y determinar si los pozos pueden cubrir la demanda futura, para

mantener la operación y tomar acciones complementarias para suministrar el caudal requerido se podría hacer con la ayuda de un elemento de regulación como el tanque que, mediante su llenado durante la noche y su vaciado durante el día, permitirá que los pozos descansen durante el día.

9. Si se quiere mantener la operación de los 5 pozos, se podría hacer bajo las condiciones de presión que el modelo hidráulico indicó colocando el equipo de bombeo adecuado con el monitoreo de presiones y gastos para evitar las pérdidas energéticas, con lo cual puede llegar a la demanda futura.
10. Existe la alta probabilidad de que pozo Tonántzin deje de operar, es decir, de acuerdo con los resultados del modelado hidráulico, operativamente no funciona, porque, la zona donde se encuentra es la más crítica y de alta presión. Al operar de la misma forma, el problema va a continuar y conforme la demanda aumente, el sistema se va a desbalancear cada vez más, esto ocasionará que haya más problemas con los pozos, también van a seguir gastando dinero en energía y habrá más fallas en el equipo de bombeo.
11. La pérdida de caudal puede atribuirse a que se están reinyectando agua a los pozos que disminuyen su capacidad, esto sucede cuando entra en funcionamiento 3 equipos de bombeo al mismo tiempo, genera choque de presiones ocasionando que el agua regrese, con ello, el caudal va a la baja, porque, la energía que está en la red está ocasionando que el sistema se sature, hay una lucha de energía que ocasiona un bloqueo hidráulico porque no hay balance en los pozos.
12. No se recomienda perforar más pozos, se recomienda, realizar un monitoreo de la red, hacer una campaña de medición y determinar qué pozos deben de salir de servicio y que pozos deben alimentar a la red, para evitar el su desequilibrio hidráulico para mejorar su operación.
13. El elemento no estructural representa a los usuarios, que tienen una responsabilidad compartida con la asociación civil Residentes de Chapalita A.C por las prácticas en la vivienda y el descuido de las instalaciones que propician fugas. Para reducir las pérdidas en la vivienda, se recomienda capacitación técnica a los habitantes para que las instalaciones de la vivienda en general reciban la atención y el mantenimiento necesario, porque, en su estado actual, las prácticas del consumo de agua, las características de las viviendas, los materiales y la falta de mantenimiento tienen un fuerte impacto en el consumo de agua, que ocasiona una gran cantidad de fugas y dificultades para adaptar tecnología para regular el consumo de agua en caso de necesitarla.
14. Varios autores a lo largo del marco conceptual de esta investigación hacen énfasis en la inclusión de parámetros para evaluar los aspectos sociales y funcionales de una institución (organismo operador) que le de voz a los habitantes de una comunidad o colonia en estudios de esta naturaleza, para ello habría que adoptar un enfoque

híbrido. Un aporte de esta investigación es el diseño de una herramienta para la integración de la opinión pública que permitió a los habitantes evaluar y expresarse respecto a los servicios prestados en la colonia Chapalita, también les permitió hacer recomendaciones.

15. Cabe mencionar que al instrumento (cuestionario) habrá que hacerle ajustes para obtener información y datos de los demás usuarios (usos consuntivos) en la colonia, también habrá que muestrear las otras tres secciones de la colonia para tener una evaluación completa.
16. Se recomienda el modelado de escenarios del balance hídrico a través de la recolección exhaustiva de la información con la finalidad de comparar los diferentes escenarios para correlacionar la disponibilidad de agua y su calidad con la temperatura, se requiere incluir en el modelado la contribución de los contaminantes atmosféricos y el generado por los automóviles con la finalidad de dimensionar el problema en el área de estudio.

9. BIBLIOGRAFÍA

- AgroDer. (2012). *Huella hídrica en México en el contexto de Norteamérica*. WWF, México y AgroDer. México DF. Recuperado de <http://www.huellahidrica.org/Reports/AgroDer,%202012.%20Huella%20h%C3%ADdrica%20en%20M%C3%A9xico.pdf> (Consultado el 29 de marzo del 2018).
- Asociación de Residentes de Chapalita A.C. (2016). *Estatutos Generales*. Guadalajara. Jalisco. México.
- Bahri, Akiça, (Global Water Partnership (GWP). (2011). *Towards Integrated Urban Management*. GWP Technical Committee. Stockholm. SWEDEN. Pp. 1-12.
- Barkin, David. (2005). *Urban Water Management in Mexico: Reclaiming Public Water: Achievements, Struggles and Visions from Around the World*. Segunda edición. ISBN 90-71007-10-3. Pp. 239-244.
- Barkin, David. (2011). *The Governance Crisis in Urban Water Management in Mexico*. Metropolitan Autonomous University. DOI: 10.1007/978-3-642-05432-7_27. Pp. 379-393.
- Barrera Gallegos, Luis Alfredo y Velecela Romero, Francisco Antonio. (2015). *Diagnóstico de la contaminación ambiental causado por aceites usados provenientes del sector automotor y planteamiento de soluciones viables para el gobierno autónomo descentralizado del cantón azogues*. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7691/1/UPS-CT004551.pdf> (Consultado el 13 de febrero del 2018).
- Barros Sierra. (2010). *Nomenclatura Internacional Normalizada Relativa a la Ciencia y la Tecnología, UNESCO (Versión México 2000)*. Dirección De Fortalecimiento a la Educación de Posgrado e Investigación COQCYT. Recuperado de <http://studylib.es/doc/6094812/catalogo-unesco-2000> (Consultado el 2 de junio del 2017).
- Breña Puyol, Agustín Felipe. (2010). *Hidrología urbana*. Universidad Autónoma Metropolitana. Colección CBI. México DF. ISBN: 798-607-477-269-2.
- Brown, Rebekah R., Farrelly, Megan A. (2009). *Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face*. Water Science & Technology—WST. DOI: 10.2166/wst.2009.028. Pp. 839-946,
- Campos Aranda, Daniel Francisco. (1998). *Procesos del ciclo hidrológico*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería. Editorial universitaria potosina. México. IBSN-968-6194-44-4.
- Campos Aranda, Daniel Francisco. (2010). *Introducción a la hidrología urbana*. San Luis Potosí. México. IBSN-970-95118-1-5.
- Comisión Estatal de Agua Jalisco (CEA, 2016). *Gerencia de estudios técnicos*. Zapopan. Jalisco. México.
- Castro, José Esteban. (2004). *Urban water and the politics of citizenship: The case of the Mexico City Metropolitan Area during the 1980s and 1990s*. Environment and Planning. Volumen 36. DOI:10.1068/a35159. Pp. 327-346.

- Cazau, Pablo. (2006). *Introducción a la investigación en ciencias sociales*. tercera edición. Buenos Aires. Argentina.
- Coalición de Organizaciones Mexicanas por el Derecho al Agua (COMDA). (24 de enero de 2011). *La ciudad destruye sus zonas de alta recarga de agua*. Recuperado de <http://www.comda.org.mx/la-ciudad-destruye-sus-zonas-de-alta-recarga-de-agua/> (Consultado el 5 de mayo del 2017).
- Comisión Nacional del Agua Norma Oficial Mexicana (CONAGUA). (2001). *NT-006-CNA-2001 Alcantarillado sanitario: prueba hidrostática*. Subdirección técnica: gerencia de ingeniería básica y normas técnicas. México.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2008). *Tabla maestra de acuíferos*. México. Recuperado de [www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/.../TM\(Acuiferos\).xls](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/.../TM(Acuiferos).xls) (DOF\13AGO07.pdf) (Consultado el 24 de agosto del 2017).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2010). *Tabla maestra de acuíferos*. México. Recuperado de [www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/.../TM\(Acuiferos\).xls](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/.../TM(Acuiferos).xls) (DOF\28AGO09(282).pdf) (Consultado el 24 de agosto del 2017).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2012). *Glosario general de términos del desarrollo de la base metodológica para el inventario nacional de humedales de México (2012), Estudio interdisciplinario de los humedales de la república mexicana: desarrollo metodológico para el inventario nacional de humedales y su validación a nivel piloto*. México.
- <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-humedales-inh> (consultado el 10 marzo del 2016).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Cultura del Agua*. Coyoacán. México. DF. Recuperado de <http://aneas.com.mx/manual-de-agua-potable-alcantarillado-y-saneamiento-mapas-conagua-2015/> (Consultado el 01 de junio del 2017).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2015). *Programa Hídrico Estatal 2014–2018 del Estado de Jalisco*. Tlalpan. México. DF. Recuperado de <https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/Programa%20H%C3%ADrico%20Estatal%202014-2018.pdf> (Consultado el 24 de agosto del 2017).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2016). *Atlas del Agua en México*. México. DF. Recuperado de <http://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Vertientes/AAM2016.pdf> (Consultado el 24 de agosto del 2017).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2016). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Datos Básicos Para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*. Coyoacán. México DF. ISBN: 978-607-626-036-4.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2016). *Consulta a la base de datos del REPDA*. Recuperado de <http://app.conagua.gob.mx/repda.aspx> (Consultado el 15 junio del 2016).

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2017). *Consulta a la base de datos del REPDA*. Recuperado de <http://app.conagua.gob.mx/repda.aspx> (Consultado el 24 agosto del 2017).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2018). *Consulta a la base de datos del REPDA*. Recuperado de <http://app.conagua.gob.mx/repda.aspx> (Consultado el 10 enero del 2018).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero de Atemajac (1401), Estado de Jalisco: Publicada en el diario oficial de la Federación 20 de abril*. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas. Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos.
- Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades (CUCSH, 2017). *Historial de Inundaciones en la ZMG*. Departamento de Geografía y Ordenación Territorial. Guadalajara. Jalisco.
- Chávarri Velarde, Eduardo. (2004). *Hidrología aplicada*. Recuperado de http://tarwi.lamolina.edu.pe/~echavarri/clase_vii_evapotranspiracion_def.pdf (Consultado el 03 de agosto del 2017).
- Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2016). *Descarga de datos vectoriales de las unidades económicas*. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/descarga/> (Consultado el 20 de enero del 2017).
- Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2017). *Descarga de datos vectoriales de las unidades económicas*. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/descarga/> (Consultado el 20 enero 2018).
- Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano (DHDU) ITESO (2015). *Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC)*. Colegio de Núcleos Académicos, Tlaquepaque. Jalisco.
- Díaz Infante, Nicolás, (1991). *Estudio de agua potable de la colonia Chapalita*. Residentes de Chapalita A.C. Guadalajara. Jalisco. México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF, 2007). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea*. Ciudad de México. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4996252&fecha=13/08/2007 (Consultado el 24 de agosto del 2017).
- Diario Oficial de la Federación (DOF, 2009). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea*. Ciudad de México. Recuperado de <http://legismex.mty.itesm.mx/acu/acuif/acu-acuif-371-09.pdf> (Consultado el 24 de agosto del 2017).
- Diario Oficial de la Federación (DOF, 2011). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea*. Ciudad de México. Recuperado de http://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5224246&fecha=14/12/2011 (Consultado el 24 de agosto del 2017).
- Diario Oficial de la Federación (DOF, 2013). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea*. Ciudad de México. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5327360&fecha=20/12/2013 (Consultado el 24 de agosto del 2017).

- Diario Oficial de la Federación (DOF, 2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea*. Ciudad de México. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5389380&fecha=20/04/2015 (Consultado el 24 de agosto del 2017).
- Diario Oficial de la Federación (DOF, 2018). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea*. México. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510042&fecha=04/01/2018 (Consultado el 08 de abril del 2018).
- Félix, Beltrán, Claudia Patricia. (2005). *Riesgo causado por inundaciones pluviales en la zona de plaza del sol (López mateos sur, Zapopan, jalisco)*. UDG. Guadalajara. Jalisco.
- Gardiner, Lisa (2006). Air pollution and water. Windows to the universe. Recuperado de https://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/water_watersheds.html
- Geoex-SIAPA, (2003). *Geohidrológico Atemajac-Toluquilla*. Guadalajara. México.
- Gobierno de Jalisco (2011). *Programa para Mejorar la Calidad del Aire Jalisco 2011-2020*. Jalisco. México. Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/69282/13_ProAire_Jalisco.pdf (consultado el 31 de enero del 2018).
- Gobierno de Jalisco (2012). *Programa especial 21 administración y uso del agua: primera actualización, Jalisco 2030*. Jalisco. México. Secretaría de Planeación del Gobierno de Jalisco. Editado por la Comisión Estatal del Agua del Gobierno del Estado de Jalisco.
- Gobierno de Jalisco (2015). *Informe anual de monitoreo de la calidad del aire*. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. Recuperado de <http://sigajalisco.gob.mx/aire/Reportes.html> (consultado el 10 de febrero de 2018).
- Gobierno de la República (2010). *Vedas de agua subterránea en México*. Coyoacán. México. DF. Recuperado de [ftp://ftp.conagua.gob.mx/IFAI/2016/SISI1610100091616/Documentos/Otros/\(2010\)DOC_VEDAS_SUB.pdf](ftp://ftp.conagua.gob.mx/IFAI/2016/SISI1610100091616/Documentos/Otros/(2010)DOC_VEDAS_SUB.pdf) (Consultado el 06 de julio del 2017).
- Gobierno Municipal de Guadalajara, (2012-2015). *Plan Parcial zona 2 Minerva: Subdistrito Urbano 08 "Chapalita"*. Guadalajara. Jalisco. México.
- Gobierno Municipal de Guadalajara (2017). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano Visión: Quinto Centenario 2017-2042*. Guadalajara. Jalisco. México. Recuperado de <https://www.scribd.com/document/347973689/Programa-Municipal-de-Desarrollo-Urbano-2017> (Consultado el 18 de noviembre del 2017).
- Gobierno Municipal de Guadalajara (2018). *Decreto que aprueba el plan parcial de desarrollo urbano distrito urbano 2 Minerva, Subdistrito urbano 8 Chapalita*. Guadalajara. Jalisco. México. Recuperado de <http://transparencia.guadalajara.gob.mx/sites/default/files/GacetaTomoIEjemplar1Secc15aEnero5-2018.pdf> (Consultado el 12 de febrero de 2018).
- Gobierno Municipal de Zapopan (PND: 2007-2012). *Plan Parcial de Desarrollo Urbano Distrito Urbano ZPN-5 Vallarta Patria*. Zapopan. Jalisco. México. Recuperado de <http://www.zapopan.gob.mx/transparencia/obras-publicas/distrito-zpn05/> (Consultado el 04 de junio de 2016).

- Gobierno Municipal de Zapopan (2016). *Plan Parcial de Desarrollo Urbano Distrito Urbano ZPN-5 Vallarta Patria*. Zapopan. Jalisco. México. Recuperado de <https://www.zapopan.gob.mx/wp-content/uploads/2017/09/ZPN-5-VALLARTA-PATRIA-.pdf> (Consultado el 12 de febrero de 2018).
- Gobierno Municipal de Zapopan (PND: 2007-2012). *Plan Parcial de Desarrollo Urbano Distrito Urbano ZPN-6 Las Águilas*. Zapopan. Jalisco. México. Recuperado de <http://www.zapopan.gob.mx/transparencia/obras-publicas/distrito-zpn06/> (Consultado el 04 de junio de 2016).
- Gobierno Municipal de Zapopan (2016). *Plan Parcial de Desarrollo Urbano Distrito Urbano ZPN-6 Las Águilas*. Zapopan. Jalisco. México. Recuperado de <https://www.zapopan.gob.mx/wp-content/uploads/2017/09/ZPN-6-LAS-AGUILAS.pdf> (Consultado el 12 de febrero de 2018).
- Gobierno del Estado de Jalisco (2014). *Agua y reservas hidrológicas Programa Sectorial*. Secretaría General de Gobierno. Oficialía Mayor. Dirección de Publicaciones. Guadalajara. Jalisco. México. Recuperado de <http://transparenciafiscal.jalisco.gob.mx/sites/default/files/programa-sectorial-agua-y-reservas-hidrologicas.pdf> (Consultado el 18 de noviembre del 2017).
- Gobierno del Estado de Jalisco (2015). *Informe de la Calidad del aire*. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. Guadalajara. Jalisco. México. Recuperado de <http://siga.jalisco.gob.mx/aire2017/Info/ReporteAire2015.pdf> (consultado el 31 de enero del 2018).
- Gobierno Municipal de Guadalajara (2012-2015). *Plan parcial de desarrollo urbano subdistrito urbano 06 “circunvalación-vallarta”, distrito urbano Zona 2 “minerva”*.
- Gómez Sustaita, Guillermo, Residentes de Chapalita, Ac. (2003). *Chapalita Ciudad Jardín: 60 Aniversario*. Guadalajara. Jalisco. Editorial Unidad de Investigación Urbana.
- Gómez Sustaita, Guillermo, Residentes de Chapalita, Ac. (2014). *Chapalita Ciudad Jardín: 70 Aniversario*. Guadalajara. Jalisco. Editorial Unidad de Investigación Urbana.
- González, Miguel (coord.) (2010). *Urbanismo y desarrollo sostenible en Zaragoza: La Ecociudad Valdespartera Ecociudad Valdespartera Zaragoza*. S.A, ISBN: 978-84-8321-957-7. Recuperado de <https://marquitectos.files.wordpress.com/2012/04/libro-valdespartera.pdf> (Consultado el 01 de enero del 2017).
- Hellström, Daniel, Jeppsson, Ulf, Kärrman, Erik. (2000). *A framework for systems analysis of sustainable urban water management*. Elsevier Science Inc. Pp. 311-321, PII: S0195-9255(00)00043-3.
- Howe, C.A., Butterworth, J., Smout, I.K., Duffy, A.M., Vairavamoorthy, K. (2012). *Sustainable Water Management in the City of the Future (SWITCH): Findings from the SWITCH Project 2006-2011*. UNESCO. Institute for Water Education (IHE). P. 179 ISBN 978-90-73445-00-0.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2000). *Diccionario de datos fisiográficos*. México. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/fisiografia/doc/dd_fisiograficos_1m.pdf (Consultado el 24 de marzo de 2018).

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2000). *Estudio hidrológico del estado de Jalisco*. Aguascalientes. Ags. ISBN 970-13-2057-3.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2000). *Marco geoestadístico municipal 2000 (Censo General de Población y Vivienda 2000)*. Descarga de datos vectoriales. México. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx (Consultado el 10 de enero de 2017).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010). *Marco geoestadístico 2010 versión 5.0.A (Censo de Población y Vivienda 2010)*. Descarga de datos vectoriales. México. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx (Consultado el 10 de enero de 2017).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010). *Inventario Nacional de Viviendas 2010*. Recuperado de <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjIwLjY2MTg2LGxvbjotMTAzLjQwMjMwLHo6MTESbDpjZWNVmJAxNA==&theme=ce2014>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2017). *Metodología de Indicadores de la Serie Histórica Censal*. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/proyectos/ccpv/cpvsh/doc/serie_historica_censal_met_indicadores.pdf (Consultado el 24 de enero del 2018).
- Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco y Centro Estatal de Análisis Territorial de la Dirección de Patrimonio Inmobiliario (ITEJ y CEAT) (2008). *Mapa General del Estado de Jalisco, Memoria Técnica 2008*. Guadalajara. Jalisco. México. Recuperado de <http://iit.app.jalisco.gob.mx/sitios/jalisco2008/archivos/MemoriaTecnicaMapaGeneralJalisco2008.pdf> (Consultado el 13 de febrero de 2017).
- Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco y Centro Estatal de Análisis Territorial de la Dirección de Patrimonio Inmobiliario (ITEJ y CEAT) (2012). *Mapa General del Estado de Jalisco, Memoria Técnica 2012*. Guadalajara. Jalisco. México.
- Instituto Metropolitano de Planeación del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN, 2015). *Área Metropolitana de Guadalajara: Expansión Urbana: Análisis y Prospectiva 1970-2045*. México. Editorial Industrias Creativas de México S.A de C.V.
- Larsen, Tove A., Gujer, Willi (1997). *The Concept of Sustainable Urban Water Management*. Elsevier Science Ltd. Pp. 3-10. PII: S0273- 1 223(97)()() 179-0
- Ochoa-García, H. & Bürkner, H.J. (coord.) (2012). *Gobernanza y gestión del agua en el Occidente de México: la metrópoli de Guadalajara*. Guadalajara. México. Recuperado de https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/451/Gobernanza_y_gesti%C3%B3n_del_agua_en_el_occidente_de_M%C3%A9xico.pdf?sequence=2 (Consultado el 03 de agosto del 2016).
- Martínez Rending, Fernando. (1977). *Las obras que no se ven: Colectores de Guadalajara*. Obras públicas del Estado de Jalisco. México.
- McDonald, Robert I., Green, Pamela, Balk, Deborah, Balazs, M. Fekete, Revenga, Carmen, Todd, Megan, Montgomery, Mark (2011). *Urban growth, climate change, and*

- freshwater availability*. Proceedings of the National Academy of Sciences. 108(15), 6312-6317.
- Mitchell, V. Grace, Mein R.G., T.A. McMahon (2001). *Modeling the urban water cycle*. Elsevier Science Ltd., Environmental Modelling & Software 16. Pp. 615–629. PII: S 1364-8152(01)00029-9.
- Mitchell, V. Grace, McMahon, Thomas A., Mein, Ussell G. (2003) *Components of the Total Water Balance of an Urban Catchment* Environmental Management Vol. 32, No. 6, pp. 735-746, DOI: 10.1007 /s00267-003-2062-2.
- Mitchell, V. Grace (2006). *Applying Integrated Urban Water Management Concepts: A Review of Australian Experience*. Environmental Management. Vol. 37, No. 5. Pp. 589-605. DOI: 10.1007/s00267-004-0252-1.
- Monterrosa Reyes, Gabino Gaspar (2015). *Cuencas de México: Cuencas hidrológicas de México*. Revista trimestral. Delegación Azcapotzalco, DF. Recuperado de http://www.riob.org/IMG/pdf/cuencas_de_Mexico_web.pdf (Consultado el 01 de junio del 2017).
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2010). *Infografía del ciclo hidrológico*. Recuperado de <http://www.srh.noaa.gov/jetstream/downloads/hidro2010.pdf> (Consultado el 03 de agosto del 2017).
- Niemczynowicz, Janusz (1999). *Urban hydrology and water management - present and future challenges*. Elsevier Science Ltd. Pp. 1-14, PII: S1462 - 0758 (99) 00 009-6.
- Novotny, Vladimir (2008). *Sustainable Urban Water Management. Conference on "Water and urban development, paradigms: Towards an integration of engineering, design and management approaches"*. Pp. 1-17. DOI: 10.1201/9780203884102.pt1
- Pearson, Leonie J., Coggan, Anthea, Proctor, Wendy, F. Smith, Timothy (2010). *A Sustainable Decision Support Framework for Urban Water Management*. Water Resour Manage (2010) 24:363–376. DOI 10.1007/s11269-009-9450-1.
- Rijsberman, Michiel A., Van de Ven, Frans H.M. (2000). *Different approaches to assessment of design and management of sustainable urban water systems*. Elsevier Science Inc. Pp 333-345, PII: S0195-9255(00)00045-7.
- Sánchez Ruiz, Gerardo G. (2010). *Epidemias, obras de saneamiento y precursores del urbanismo: La ciudad de México rumbo al primer centenario*. Secuencia (78), 121-147. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-03482010000300004&lng=es&tlng=es (Consultado el 31 de enero de 2018).
- Sánchez, San Román F. Javier (sin año). *Conceptos fundamentales de hidrogeología: clasificación de las formaciones geológicas según su comportamiento hidrogeológico*. Departamento de Geología. Universidad de Salamanca. España. Recuperado de http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf (Consultado el 24 de marzo de 2018).
- SIGA CONAGUA (Gerencia de Aguas Subterráneas (GAS) y Gerencia del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA, 2015). Descarga de datos vectoriales. Recuperado de <http://siga.conagua.gob.mx/REPDA/Menu/FrameKMZ.htm> (Consultado el 10 de marzo de 2017).

- Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA, 2014). *Lineamientos Técnicos para Factibilidades*. Guadalajara. Jalisco. Recuperado de http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_1._criterios_basicos_de_diseno.pdf (Consultado el 24 de agosto de 2017).
- Solís Segura, Luz María, López Arriaga, Jerónimo Armando (comp.) (2003). *Principios básicos de contaminación ambiental*. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca. México. ISBN: 868-835-813-4.
- Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos-Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNOPS-PNUMA, 2013) *Estudio de balance hídrico de la cuenca alta del río Apurímac "EBHICA"*. Recuperado de <http://www.balancedhidrico.org/balance-hidrico/90-en-que-consiste-el-balance-hidrico.html> (Consultado el 04 de agosto de 2017).
- United Nations Water (UN-WATER, 2013). *Water Security*. Recuperado de <http://www.unwater.org/publications/water-security-global-water-agenda/> (Consultado el 17 de marzo de 2017).
- Valdivia Ornelas, Luis, Castillo Aja, María del Rocío. (2014). *Los peligros naturales en Jalisco, estudio histórico de sus impactos territoriales*. Departamento de Geografía y Ordenación Territorial, Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades (CUCSH). Universidad de Guadalajara. ISBN: 978-607-742-076-7.
- Vairavamoorthy, Kala, Gorantiwar, Sunil D., Pathirana, Assela. (2008). *Managing urban water supplies in developing countries – Climate change and water scarcity scenarios*. Elsevier Science Inc. Physics and Chemistry of the Earth 33. Pp. 330–339. DOI: 10.1016/j.pce.2008.02.008.
- Velasco Ornelas, Martin Armando. (CONAGUA, 2012). *Disponibilidad media anual de agua en el acuífero de Atemajac*. Guadalajara. Jalisco. México.

10. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acuífero: Es una unidad que puede transmitir agua en cantidades significativas (CONAGUA, 2016), los acuíferos, en función de la estructura geológica de los materiales que lo forman y de las condiciones hidráulicas del agua contenida, se clasifican en: acuíferos libres, acuíferos confinados y acuíferos semiconfinados (Seóñez Calvo, 1998).

Acuífero libre: Es un estrato impermeable que sirve de base a una zona permeable saturada de agua, sobre la que existe también una zona permeable y no saturada (Seóñez Calvo, 1998).

Acuífero confinado: Es roca permeable cargada de agua, queda confinada entre dos capas impermeables, de forma que la presión en las grietas y poros saturados de agua es mayor que la atmosférica (Seóñez Calvo, 1998).

Acuífero semiconfinado: Es roca encajante de la zona permeable, no es totalmente impermeable, permitiendo cierta transmisión de agua a través de ella (Seóñez Calvo, 1998).

Acuitardo: Es una formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable, pero, el agua circula a través de ella lentamente (Sánchez, sin año).

Aguas superficiales: Son aquellas que existen en la superficie de los continentes, tanto en arroyos y ríos como en los lagos y embalses (Seóñez Calvo, 1998).

Aguas residuales urbanas: Son líquidos procedentes de la actividad humana, que llevan en su composición gran parte de agua, y que generalmente son vertidos a cursos o a masas de agua continental o marina. Las aguas residuales urbanas se originan a causa de: 1. Excretas; 2. Residuos domésticos; 3. Arrastres de lluvia; 4. Infiltraciones y 5. Residuos industriales. (Seóñez Calvo, 1998).

Aluvial: Material: Fragmentario no consolidado, transportado y depositado por corrientes de agua (INEGI, 2000).

Balance hídrico: Es el análisis de la entrada y salida de agua en un sector de una cuenca a lo largo del tiempo, tomando en consideración los cambios en el almacenamiento interno bajo diferentes escenarios (UNOPS-PNUMA, 2013).

Características hidráulicas de las rocas: Son aquellas que determinan las cantidades de agua que pueden almacenar, ceder y transmitir. Dependen a su vez de factores litológicos: granulometría, fracturamiento, grado de cementación o compactación, etc. (CONAGUA, 2016).

Ciclo hidrológico: Es un modelo conceptual donde se describe el almacenamiento y circulación de agua entre la biósfera, atmósfera, ríos, suelos, glaciares, nevados y acuíferos. La circulación del agua entre estos depósitos o almacenamiento la propiciaban procesos como: evapotranspiración, condensación, precipitación, infiltración, percolación y escurrimiento, los cuales son denominados componentes del ciclo hidrológico” (Campos Aranda, 2010).

Ciclo hidrológico urbano: Es un proceso en el que existen dos fuentes principales de agua: el abastecimiento de agua potable municipal y la precipitación (Campos Aranda, 2010).

Coefficiente de fricción: Es el parámetro de diseño hidráulico que permite determinar las pérdidas de energía en una línea de conducción (CONAGUA, 2016).

Coefficiente de escurrimiento: Es la habilidad de una cuenca para convertir lluvia en escurrimiento. En realidad, la parte de la lluvia máxima que llega a la salida de una cuenca depende básicamente del porcentaje de superficie impermeable, su pendiente y de las características de la superficie ante el encharcamiento (Campos Aranda, 2010).

Consumo de agua: Es el volumen de agua utilizado para cubrir las necesidades de los usuarios (CONAGUA, 2016).

Contaminación urbana de las aguas: Es el proceso de deterioro producido por vertidos, derrames, desechos y depósitos directos o indirectos de toda clase de materiales susceptible de provocar un incremento de la degradación de las aguas, modificando sus características físicas, químicas, biológicas o bacteriológicas (Neiff, Casco, Arias; 2003, citado por CONAGUA, 2012).

Contaminación puntual del agua: Es la introducción de contaminantes sin dilución, las sustancias contaminantes se introducen a un cuerpo superficial o el subsuelo alcanzando directamente un acuífero (Consejería de salud, sin año).

Contaminación difusa del agua: Es la introducción de contaminantes a un curso de agua superficial o sistema de agua subterráneo, a través de vías indirectas, como el lavado a través del suelo, o desde otras fuentes. Ésta puede ser continua o intermitente, siendo esta última la más común (Carpenter *et al.*, 1998).

Cuenca hidrográfica: Es la unidad del territorio diferenciada de otras unidades se divide por un partaguas donde escurre el agua en distintas formas que fluye hacia un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, dicho espacio está delimitado por una diversidad topográfica, se dividen en subcuenca y microcuenca (Ley de Aguas Nacionales, 2015, citado por CONAGUA, 2012). La cuenca hidrográfica es la totalidad del área drenada por una corriente o sistema interconectado de cauces, tales que todo el escurrimiento originado en tal área es descargado a través de única salida (Doorenbos, 1976, citado por Campos, Aranda, 1998).

Cuenca hidrológica: Es la superficie en la cual el agua precipitada se transfiere a las partes topográficas bajas por medio del sistema de drenaje, concentrándose generalmente en un colector que descarga a otras cuencas aledañas, o finalmente al océano. El tipo de cuenca depende de su salida, por ello, a continuación, se definen los dos tipos de cuencas existentes, endorreica y exorreica (Breña Puyol 2010):

Cuenca endorreica: Es un área con una modalidad de avenamiento o escurrimiento (Breña, 2010) de las aguas que no tiene desagüe hacia el mar, pero recibe corrientes temporales o permanentes (CONANP, 2006, citado por CONAGUA, 2012). Los escurrimientos fluyen hacia lagos o sumideros que no están unidos a una red de causas (IMTA, 1996, citado por CONAGUA, 2012). Cuerpo de agua que pierde agua únicamente por evaporación (Ramsar, 2007)

Cuenca exorreica: Es un área con una modalidad de avenamiento o escurrimiento que presentan las regiones cuyas cuencas fluviales vierten sus aguas en el mar (Breña, 2010).

Aquella que permite que sus aguas circulen y sean expulsadas de la cuenca (CONANP, 2006).

Colector principal: Es la corriente de más alto orden, hasta alcanzar una bifurcación de dos corrientes de igual orden (Campos Aranda, 1998).

Demanda: Es la cantidad de agua requerida en las tomas para consumo de una localidad considerando diferentes usuarios y se toman en cuenta las pérdidas físicas del sistema (CONAGUA, 2016).

Distrito hidrométrico: Es una sección de la red de agua potable en las que se controlan las entradas y salidas, para realizar mediciones de consumo y hacer el balance de volúmenes de agua (CONAGUA, 2016).

Dotación: Es la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda de la población en un día medio anual (CONAGUA, 2016).

Estación de bombeo: Es un sitio en donde se instalan equipos mecánicos para elevar la carga hidráulica por medio de bombas, con el objetivo de conducir el agua de un sitio a otro de la red con cierta carga hidráulica y gasto determinado (CONAGUA, 2016).

Estrato volcán: Cono volcánico compuesto alternadamente por capas de roca y cenizas (INEGI, 2000).

Evaporación: Es el cambio de estado del agua (un líquido) a vapor de agua (un gas) (NOAA, 2010).

Evapotranspiración: Es la combinación de la evaporación desde la superficie de suelo y la transpiración de la vegetación. Los mismos factores que dominan la evaporación desde una superficie de agua abierta también dominan la evapotranspiración, los cuales son el suministro de energía y el transporte de vapor. Además, el suministro de humedad a la superficie de evaporación es un tercer factor que se debe tener en cuenta. A medida que el suelo se seca, la tasa de evapotranspiración cae por debajo del nivel que generalmente mantiene en un suelo bien humedecido (Chávarri, 2004).

Fuente de abastecimiento: Es un cuerpo de agua subterráneo desde el cual se toma el agua para suministro al sistema de distribución (CONAGUA, 2016).

Fuga: Es una pérdida de agua a través de cualquiera de los elementos o uniones de un sistema de agua potable, toma domiciliaria o alcantarillado sanitario (CONAGUA, 2016).

Gasto: Es el volumen de agua medido en una unidad de tiempo, generalmente se expresa en l/s (CONAGUA, 2016).

Golpe de ariete: Consiste en variaciones rápidas de presión y velocidad que acompañan a cualquier cambio repentino en las condiciones de flujo, se provoca por dos causas el paro no programado de un equipo de bombeo y el cierre brusco de una válvula (CONAGUA, 2016).

Hermeticidad: Es una característica de la red de conductos de no permitir el paso del agua a través de sus juntas (CONAGUA, 2016).

Hidrología urbana: Es el manejo efectivo de las aguas urbanas se basa en el entendimiento real de los impactos de las actividades humanas en el ciclo hidrológico urbano y en el medio

ambiente, también se basa, en la mitigación de tales impactos que se evalúan dentro del sistema socioeconómico (Campos Aranda, 2010).

Infiltración: Es la cantidad de agua que atraviesa la superficie del terreno por unidad de tiempo y se desplaza al subsuelo recibe el nombre de ritmo o tasa de infiltración. Si el agua que se introduce al terreno por la superficie se desplaza a mayor profundidad, entonces se dice que ocurre la percolación (CONAGUA, 2016).

Línea de impulsión: Es el tramo de tubería que conduce el agua desde la estación de bombeo hasta el reservorio (OPS, 2004).

Línea de conducción: Es un elemento para transportar el agua de manera continua y puede trabajar a presión (CONAGUA, 2016).

Microcuenca: Es una cuenca pequeña, generalmente menor a 10 mil hectáreas, forma parte de una cuenca hidrográfica mayor, aunque para algunos casos se pueden considerar hasta 50 mil hectáreas (CONAFOR).

Orden de una corriente: Es una clasificación que refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una cuenca, el orden 1 es el más pequeño (Campos Aranda, 1998).

Organismo operador: Es el encargado de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento (CONAGUA, 2016).

Pérdida física: Es el volumen de agua que se extrae en la fuente de agua que no es consumida por los usuarios (CONAGUA, 2016).

Periodo de diseño: Es el lapso para el cual se diseña el sistema (CONAGUA, 2016).

Periodo de retorno: Es el número de años en que un evento puede ser igualado o excedido en promedio y a la larga. También es conocido como intervalo de recurrencia (CONAGUA, 2016).

Precipitación: Es el proceso por medio del cual el vapor de agua se condensa en la atmósfera o sobre la superficie del terreno, dando lugar a la formación de lluvia, nieve, escarcha o rocío (CONAGUA, 2016).

Red de distribución: Es un conjunto de tuberías, piezas especiales, válvulas y estructuras que conducen el agua desde los tanques de regulación hasta las tomas domiciliarias (CONAGUA, 2016).

Red de drenaje: Es un sistema de cauces por el que fluyen de manera temporal o permanente los escurrimientos superficiales, subsuperficiales y subterráneos (Campos Aranda, 1998).

Seguridad hídrica: Es la capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sostenimiento de los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socio-económico, para garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua, y para la conservación de los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política." (UN-Water, 2013).

Sistema de agua potable y alcantarillado: Es un conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de servicios públicos de agua potable y alcantarillado, incluyendo el

saneamiento, entendiendo como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales (Ley Aguas Nacionales, 2011)”.

Toba: Roca ígnea extrusiva formada por fragmentos volcánicos consolidados o semiconsolidados (INEGI, 2000).

Toma domiciliaria: Es la instalación que se conecta a la tubería de la red de distribución que permite el suministro de agua potable a los usuarios (CONAGUA, 2016).

Tratamiento de aguas urbanas: Es la cantidad del agua con posibilidades de ser apta para el consumo humano, la distribución se ve impedida técnico-económicamente, debido a las cantidades de agua manejadas y las distancias de las grandes ciudades y pequeñas comunidades (Solís, 2003).

Usuario: Es quien recibe el servicio de suministro de agua potable para su consumo, a través de una toma domiciliaria (CONAGUA, 2016).

Válvula: Es un accesorio que se utiliza en los sistemas de agua para seleccionar y controlar el paso de agua (CONAGUA, 2016).

11. ANEXOS

11.1. Anexo 1: Cuestionario

Nombre del encuestador: _____

Fecha de llenado: _____

Domicilio visitado:		Sexo: H M	Croquis:
No. de pisos:	Hora inicio/fin:	Edad:	
Casa o Torre habitacional no:		Ocupación:	
No. Depto:	Plano:	Colonia:	

Introducción

Buenos días/tardes/noches, soy Elena Chan Chablé, estudiante de la Maestría en Ciudad y Espacio Público Sustentable del ITESO, el objetivo de la encuesta es conocer su opinión respecto a la conservación y uso racional del agua en su colonia, debido a que, estoy realizando un trabajo académico para elaborar diagnóstico para hacer una propuesta que cubra los requisitos de diseño urbano de infraestructura ecológica.

Preguntas filtro

¿Vive usted en esta casa?

a) Si ____ (aplicar la encuesta)

b) No ____ (No aplicar encuesta)

¿Cuánto tiempo tiene residiendo en la colonia? (En caso de que el encuestado conteste menos de tres meses no aplicar encuesta)

☐ Menos de tres meses (No aplicar encuesta)

Seis meses ☐ Un año ☐

☐ Más de cinco años

1. Datos generales.

1.1 La casa donde vive usted es...

☐ a) Propia ☐ b) Rentada ☐ c) Prestada ☐ d) Otro (Especificar) _____

1.2 Aproximadamente ¿cuál es la antigüedad de la construcción?

☐ a) 2 años ☐ b) 5 años ☐ c) 10 años ☐ d) más de 15 años

1.3 ¿Cuántos habitantes permanentes hay en su casa?

1.4 ¿Cuántos baños completos tiene en su casa?, ¿cuántos medios baños tiene?

1.5 En temporada de vacaciones ¿Cuántas personas recibe en su casa?

1.6 ¿Cuántos m² tiene su vivienda?

1.7 Ahora, por favor dígame, respecto a los siguientes temas que ocasionan el problema de agotamiento del agua y las fuentes de abastecimiento, usted podría enumerarlos por orden de importancia.

1.8 Ahora, por favor dígame, respecto al siguiente aspecto, usted en lo personal, ¿qué tan de acuerdo o desacuerdo está en que mal uso del agua (Prácticas del consumo del agua de los usuarios) es el principal problema que debe considerarse en el diseño de la infraestructura urbana para tener sistemas para el uso sustentable del agua:

a) Totalmente de acuerdo	b) De acuerdo	c) Totalmente en desacuerdo	d) En desacuerdo	e) No podría opinar

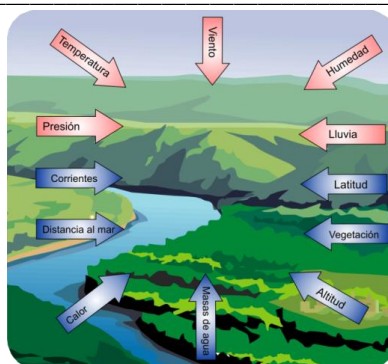
f) ¿Por qué? _____



1.9 Ahora, por favor dígame, respecto al siguiente aspecto, usted en lo personal, ¿qué tan de acuerdo o desacuerdo está en que El hombre y el uso irracional que le da al agua tiene un efecto en el ciclo del agua que contribuye en el aumento de agua que va al drenaje y que el clima (las características climatológicas y físicas del lugar): es el segundo problema que debe considerarse en el diseño de la infraestructura urbana para tener sistemas para el uso sustentable del agua:

a) Totalmente de acuerdo	b) De acuerdo	c) Totalmente en desacuerdo	d) En desacuerdo	e) No podría opinar

f) ¿Por qué? _____



1.10 Ahora, por favor dígame, respecto al siguiente aspecto, usted en lo personal, ¿qué tan de acuerdo o desacuerdo está en que la Gestión del agua (la gobernanza del agua) es el tercer problema que debe considerarse en el diseño de la infraestructura urbana para tener sistemas para el uso sustentable del agua:

a) Totalmente de acuerdo	b) De acuerdo	c) Totalmente en desacuerdo	d) En desacuerdo	e) No podría opinar

f) ¿Por qué? _____



Breve descripción: históricamente se han generado medidas que desgraciadamente hasta ahora no han logrado que el uso del agua sea racional, habría que buscar la forma mediante la cual puedan crearse propuestas de normativas efectivas a través de la participación activa y colectiva.

- 1.11 Ahora, por favor dígame, respecto al siguiente aspecto, usted en lo personal, ¿qué tan de acuerdo o desacuerdo está en que la economía (aspectos económicos) es el cuarto problema que debe considerarse en el diseño de la infraestructura urbana para tener sistemas para el uso sustentable del agua:

a) Totalmente de acuerdo	b) De acuerdo	c) Totalmente en desacuerdo	d) En desacuerdo	e) No podría opinar

f) ¿Por qué? _____



Breve descripción: el uso irracional del agua genera un impacto económico que se ve reflejado en las cuotas de agua potable que se pagan y por los daños económicos que causan las inundaciones.

- 1.12 Ahora, por favor dígame, respecto al siguiente aspecto, usted en lo personal, ¿qué tan de acuerdo o desacuerdo está en que la tecnología (aspectos tecnológicos) es el quinto problema que debe considerarse en el diseño de la infraestructura urbana para tener sistemas para el uso sustentable del agua:

a) Totalmente de acuerdo	b) De acuerdo	c) Totalmente en desacuerdo	d) En desacuerdo	e) No podría opinar

f) ¿Por qué? _____



Breve descripción: las prácticas del consumo del agua van a condicionar la tecnología a seleccionar para propiciar el ahorro de acuerdo con el volumen utilizado

1.13 Ahora, por favor dígame, respecto al siguiente aspecto, usted en lo personal, ¿qué tan de acuerdo o desacuerdo está en que Características de físicas de las construcciones (materiales y procedimientos de construcción) es el sexto problema que debe considerarse en el diseño de la infraestructura urbana para tener sistemas para el uso sustentable del agua:

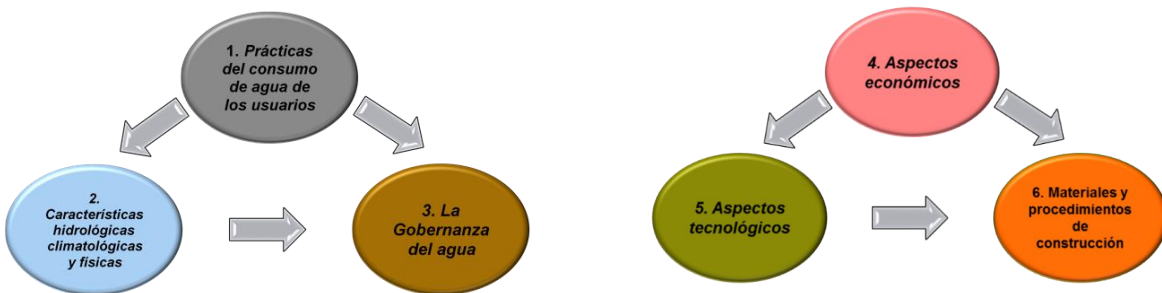
a) Totalmente de acuerdo	b) De acuerdo	c) Totalmente en desacuerdo	d) En desacuerdo	e) No podría opinar

f) ¿Por qué? _____



Breve descripción: las adaptaciones menores que se podrían realizar en la vivienda las van a determinar las prácticas del consumo del agua potable.

1.14 ¿Cómo cree usted que se relacionan?



Subcategoría: IES3 Eficiencia hídrica del Edificio.

2. Características del inmueble y hábitos de mantenimiento.

2.1 Usted, ¿Tiene aljibe de almacenamiento de agua potable?

Si ¿Por qué? _____

No ¿Por qué? _____

2.2 ¿Qué antigüedad tiene su aljibe?

a) 2 años b) 5 años c) 10 años d) más de 15 años _____ años

2.3 Ahora, por favor dígame, respecto a los siguientes aspectos, usted en lo personal, ¿Con qué frecuencia...?

	a) Siempre	b) En muchas ocasiones	c) En pocas ocasiones	d) Nunca
1. Limpia su aljibe				
2. Le da mantenimiento al aljibe				
3. Ha llenado su aljibe con pipas				
4. Revisa las instalaciones hidrosanitarias de su aljibe				

2.4 Ahora, por favor dígame, respecto a los siguientes aspectos, usted en lo personal, ¿Con qué frecuencia...?

	e) Siempre	f) En muchas ocasiones	g) En pocas ocasiones	h) Nunca
1. Da mantenimiento su vivienda (baño, cocina, cuarto de lavado, áreas verdes)				
2. Limpia la azotea				
3. Limpia su tinaco				
4. Revisa las instalaciones hidrosanitarias de su vivienda				

2.5 Ahora, por favor dígame, las características constructivas de la losa de la azotea de su vivienda cuentan con (Para torres departamentales multifamiliares se aplicará el cuestionario a la familia del último piso)

	1. Tipo de losa		2. Materiales			3. Impermeabilizante		4. Canalización del agua pluvial				5. Mantenimiento	
	Plana	Dos aguas	Barro o concreto	Metal o fibra (liso)	Tejas de asfalto	Si	No	Pozo	Drenaje municipal	Áreas verdes	Canales		
a) Casa habitación o torre habitacional.													
b) Terraza.													

3. Información de la eficiencia hídrica de la torre habitacional o vivienda.

3.1 ¿Cuál es su fuente de abastecimiento de agua?

a) Red municipal ☐ b) Pozos ☐ c) Agua de lluvia ☐ d) Otro ☐ (Especificar) _____

3.2 Usando una escala del 1 al 10 (donde 1 es el valor más bajo y 10 el más alto) califique por favor qué nota le da a los siguientes aspectos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. La calidad de los servicios proporcionados por los residentes de Chapalita.										
2. Su nivel de confianza respecto a la calidad del agua de las redes de abastecimiento de los residentes de Chapalita.										
3. La frecuencia del abasto de agua potable proporcionado por los residentes de Chapalita.										
4. La calidad de atención y servicio de abastecimiento proporcionado por los residentes de Chapalita.										
5. De acuerdo a la calidad de servicio de agua potable proporcionada por los residentes de Chapalita, la tarifa establecida está justificada.										
6. La atención inmediata para la reparación de fugas en el sistema de abastecimiento.										
7. La calidad de atención para reportar fugas u otras anomalías en el sistema de abastecimiento.										

3.3 ¿Qué ha escuchado usted respecto al estado en el que se encuentran las fuentes de abastecimiento de agua potable en la colonia se están agotando, es insuficiente, etc...?

a) Emita su opinión _____

3.4 ¿Es de su interés la preservación y el uso racional del agua?

a) Le interesa ☐ b) No le interesa ☐ c) En ambos casos ¿Por qué? _____

3.5 Ahora, por favor dígame, respecto a los siguientes aspectos, usted en lo personal, ¿qué tan de acuerdo o desacuerdo está en?

	a) Totalmente de acuerdo	b) De acuerdo	c) Totalmente en desacuerdo	d) En desacuerdo	e) No podría opinar
1. Modificar sus hábitos de uso del agua, para contribuir al ahorro del líquido escaso.					
2. Adaptar su vivienda con dispositivos ahorradores de agua existentes en el mercado actual.					
3. Adaptar su vivienda con dispositivos de captación de agua de lluvia.					
4. Tener un sistema de reúso de agua de circuito cerrado (uso de aguas residuales tratadas).					
5. Usar agua tratada para usos secundarios.					

3.6 Ahora, por favor dígame, respecto al siguiente aspecto, usted en lo personal, ¿qué tan de acuerdo o desacuerdo está con el cobro del servicio de abastecimiento de agua potable y saneamiento sin subsidio?

g) Totalmente de acuerdo	h) De acuerdo	i) Totalmente en desacuerdo	j) En desacuerdo	k) No podría opinar

f) ¿Por qué? _____

3.7 Aproximadamente usted, cuantas veces al día utiliza lo siguiente:

Usos	Número de consumos por día	En servicio	
En el baño		Lavadora	
Inodoro		Aseo de la casa	
Lavabo		Lavado del auto	
Regadera		Lavador a presión	
Tina		Limpieza de la calle	
Lavado de dientes		Otros usos	
Afeitado		Riego de plantas en el interior	
Lavado de manos		Riego con aspersor en el exterior	
Lavado de Cara		Riego con manguera en el exterior	
En la cocina			
Lavavajillas			
Lavado de trastes en tarja			
Lavado de frutas y verduras			
Descongelar alimentos			

3.8 ¿Cada cuando paga el servicio de agua potable?

a) Mensualmente ☐ b) Anualmente ☐

3.9 ¿Usted ha comprado pipa de agua potable al SIAPA?

- a) Si ¿Por qué? _____
b) No ¿Por qué? _____

3.10 ¿Tiene servicio de agua potable las 24 horas?

- a) 1 vez a la semana
b) 3 veces a la semana
c) 5 veces a la semana
d) Toda la semana
e) Cada 15 días
f) Mensual

3.11 ¿Cuánto asciende su pago mensual?

- a) ¿Cómo lo paga?
b) ¿Se encuentran al corriente en sus pagos?
c) ¿Otros aspectos de pago/cobranza?
d) ¿Descuentos por pronto pago o por vejez o por que otra razón?

3.12 ¿Qué conceptos incluye su cuota de pago por el agua?

- a) Abastecimiento de agua potable
b) Abastecimiento y saneamiento
c) Otro (especifique) _____

3.13 ¿Cuál es la dotación de agua potable en su vivienda?

3.14 ¿Considera justa la cuota de pago?

- a) Si ¿Por qué? _____
b) No ¿Por qué? _____

3.15 Finalmente, a continuación, le voy a leer algunos tipos de acciones y me gustaría que me dijera si estaría dispuesto a participar en alguna de ellas y cómo

	1. ¿Participaría?		2. ¿Cómo ayudaría?				
	1. Sí	2. No	3. Organización	4. Ejecución del proyecto	5. Trabajo	6. Materiales	7. Todo
a) Estaría dispuesto a colaborar con las autoridades para llevar a cabo la instalación de infraestructura para captación del agua de lluvia y de aguas residuales en su colonia							
b) Le gustaría formar parte de algún comité de habitantes encargados de supervisar la sustentabilidad del uso del agua en la colonia para realizar acciones en coordinación con el consejo de Residentes de Chapalita							
c) Le gustaría participar en un taller para elaborar estrategias para la cultura del ahorro del agua de acuerdo con los requerimientos en su colonia							

3.16 Usted ha participado en talleres de concientización sobre el uso racional del agua dentro o fuera de la colonia

- a) Si ¿Por qué? _____
b) No ¿Por qué? _____

3.17 ¿Cuáles considera sus fortalezas y habilidades?

- a) Participación activa
- b) Organización de eventos
- c) Otro (especifique) _____

3.18 Tiene usted un buen nivel de interacción con sus vecinos

- a) Si ☐ b) No ☐ c) ¿Por qué? _____

Subcategoría: IES4 Eficiencia en el consumo de agua en el paisajismo (áreas verdes)

4. Elementos de las áreas verdes

4.1 ¿Qué tipo de plantas tiene en casa?

- b) Jacaranda
- c) Casuarina
- d) Ficus
- e) Eucalipto
- f) Fresno
- g) Naranja agrio
- h) Árboles frutales
- i) Plantas de ornato
- j) Cactus y agaves

4.2 Las plantas que tiene en casa

- a) Requieren mucha agua ☐ b) No requieren de mucha agua ☐

4.3 ¿Cuántos m² tiene de áreas verdes?

- a) Cada cuando le dan mantenimiento _____ b) Cuántas veces riegan las plantas _____ c) Cuánto tiempo abren los aspersores _____ c) Cuánto tiempo riegan con manguera _____

4.4 Respecto al parque cercano a su casa ¿Usted y sus vecinos le dan mantenimiento?

- a) Si ☐ b) No ☐ c) ¿Por qué? _____

4.5 Respecto al parque cercano a su casa ¿Usted y sus vecinos se ponen de acuerdo para regar y arreglar las plantas?

- a) Si ☐ b) Cada cuando le dan mantenimiento _____ c) Cuántas veces riegan las plantas _____ d) Cuánto tiempo abren los aspersores _____
- e) No ☐ f) ¿Por qué? _____

Subcategoría: IES8 Gestión del agua de lluvia

5. Cuenca hidrológica urbana

5.1 Actualmente usted, ¿Tiene algún sistema de captación de agua de lluvia? (si la respuesta es afirmativa contestar el inciso c, en caso de ser negativa responder el inciso d).

- a) Si ☐ b) No ☐ c) ¿Qué funciona? y ¿qué no funciona? _____

d) ¿Por qué no le interesa?, ¿Cuál fue el motivo? _____

5.2 ¿Considera usted la posibilidad de instalar un sistema de captación de agua de lluvia en su vivienda?

- a) Si ☐ b) ¿Por qué? _____

c) No ☐

d) ¿Por qué no lo instalaría? _____

5.3 Me podría mencionar, en orden de prioridad, ¿cuáles serían las tres ventajas y desventajas de instalar un sistema de captación de agua de lluvia en la vivienda?

Ventajas

- 1. _____
- 2. _____
- 3. _____

Desventajas

- 1. _____
- 2. _____
- 3. _____

5.4 Usted, conoce ¿Cuál es origen de los escurrimientos del agua pluvial que llega a su colonia?

- a) Si ☐ b) No ☐ c) ¿Por qué? _____

5.5 Usted, conoce ¿Cuál es la disposición final o canalización del agua pluvial en su colonia?

a) Pozo ☐ b) Drenaje municipal ☐ c) Áreas verdes ☐ d) Canales ☐ e) Otro (especificar):

5.6 Usted tiene conocimiento, ¿Cuáles son las zonas inundables en la colonia y alrededores?

a) Si ☐ b) No ☐ c) Usando como escala de medida el cuerpo humano cuando se inunda hasta donde le llega el agua _____

5.7 Usted tiene conocimiento, ¿Cómo han afectado las inundaciones a la colonia, conoce algún caso de muerte o daños graves en la colonia o colonias aledañas?

5.8 ¿Cuántas veces se inunda la colonia?

- a) 1 vez fuera de temporada de lluvia
- b) 3 veces fuera de temporada de lluvia
- c) 5 o más veces fuera de temporada de lluvia
- d) 1 vez en temporada de lluvia
- e) 3 veces en temporada de lluvia
- f) 5 o más veces en temporada de lluvia

5.9 ¿Cuánto tiempo tarda en bajar el agua?

- a) De 5 a 10 minutos
- b) De 15 a 20 minutos
- c) De 25 a 30 minutos
- d) Más de 40 minutos

5.10 Usando una escala del 1 al 10 (donde 1 es el valor más bajo y 10 el más alto) califique por favor qué nota le da al servicio de recolección de basura.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

5.11 Ahora, por favor dígame, respecto al servicio de recolección, ¿Con qué frecuencia los recolectores dejan desperdicios de la construcción, hojas de los árboles, etc., en la vía pública?

a) Siempre	b) En muchas ocasiones	c) En pocas ocasiones	d) Nunca
---------------	---------------------------	--------------------------	-------------

5.12 ¿Cuál es el sentimiento que le ocasiona ver que la gente tira basura en la calle?

5.13 Por favor, me podría mencionar algún antecedente histórico sobre las inundaciones registradas en la colonia

5.14 De las siguientes opciones a Usted ¿Qué le gustaría mejorar en la colonia?, ¿por qué?

- a) Áreas verdes b) Servicio de recolecta de basura c) La eficiencia de atención a reportes
- d) El abastecimiento de agua potable e) Otros, especifique _____
- f) ¿Por qué? _____

5.15 Usted ¿De qué manera cree que se pueda ahorrar agua y energía?

Emita su opinión _____

Subcategoría: IES14: Gestión de las aguas residuales

6. Agua tratada y sus usos

6.1 Usted ¿Sabe que las aguas residuales se pueden tratar para reutilizarlas?

a) Si ☐ b) No ☐

c) ¿Por qué? _____

6.2 Usted ¿utilizaría agua residual tratada?

a) Si ☐ b) No ☐

c) ¿Por qué? _____

6.3 Me podría mencionar, en orden de prioridad, ¿cuáles son los usos secundarios que le daría al agua tratada?
Usos Sencillos:

- a) Limpieza de pisos ☐ b) Limpieza de inodoros o excusados ☐ c) Limpieza de ropa ☐
d) Riego de plantas ☐ e) Limpieza de autos y otros ☐

6.4 En su vivienda hay tuberías separadas de aguas grises y negras

a) Si ☐ b) No ☐

b) ¿Por qué? _____

6.5 Ahora, por favor dígame, respecto a los siguientes aspectos, usted en lo personal, ¿Con qué frecuencia...?

	a) Siempre	b) En muchas ocasiones	c) En pocas ocasiones	d) Nunca
1. Reparar de inmediato las fugas detectadas en las instalaciones hidrosanitarias y muebles (inodoros, mingitorios, grifos, etc).				
2. Utilizan la mínima cantidad (ahorro) de agua que se extrae por las llaves en sus usos cotidianos.				
3. Se aseguran de que llaves y válvulas queden bien cerradas y sin fugas después de utilizarlas.				
4. Arrojan papeles, colillas de cigarros, desperdicios a los inodoros.				
5. Vierten sustancias dañinas en lavabos o en inodoros				
6. Se informan sobre la forma correcta de desechar sustancias dañinas				
7. Ajustan los aspersores de riego para no regar zonas donde no hay prados o plantas.				
8. Le da mantenimiento a la cisterna (sustituye tubería defectuosa)				

6.6 ¿Cuáles son los productos utilizados para la limpieza de la vivienda y la cisterna?

a) Agua y jabón ☐ b) Cloro y desinfectante ☐ c) Otros (especificar)

6.7 Ahora, por favor, explíqueme ¿cuál es su rutina de limpieza en la vivienda, en el patio y en el frente de su casa?

6.8 Usted, conoce ¿Cuál es la disposición final o canalización de las aguas residuales en su colonia?

☐ a) Red municipal ☐ b) Planta de tratamiento privada ☐ c) Otro (Especificar) _____

6.9 Usando una escala del 1 al 10 (donde 1 es el valor más bajo y 10 el más alto) califique por favor qué calificación les da a los siguientes servicios.

Servicio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eficacia del saneamiento público.										
Desahogo de aguas pluviales en las calles para evitar inundaciones										
Mantenimiento de las calles (limpieza, cobertura de baches).										

6.10 ¿Le gustaría mencionarme algo más referente a la colonia?

Hemos concluido con el cuestionario ¡Muchas gracias por su valioso tiempo!

11.2. Anexo 2: Guía de entrevista

Estimado Arq. Carlos Sánchez Sahagún, El propósito de contactar con usted es contar con su valioso apoyo como gerente de la asociación de residentes de Chapalita.

La parte neurálgica del proyecto académico es medir los niveles de sustentabilidad hídrica de la colonia para elaborar un diagnóstico cualitativo y cuantitativo en un polígono que comprende 10 manzanas.

1. Por favor, me podría contextualizar o caracterizar como es el sistema de abastecimiento de la colonia (privado, municipal o combinado).
2. Por favor, me podría platicar las buenas prácticas que se llevan a cabo en la colonia para el uso racional del agua.
3. Ahora Mencione las estrategias que se llevan a cabo en la colonia para el uso racional del agua.
4. Por favor, platíqueme si tienen algunas estrategias que desean implementar a futuro para la sustentabilidad hídrica en la colonia.
5. Ahora platíqueme si la colonia cuenta con algún reconocimiento por sus estrategias y buenas prácticas para el uso racional del agua.
6. Con base a lo anterior usted considera que es del interés colectivo obtener algún tipo de reconocimiento por sus buenas prácticas.
7. Podría comentarme si la colonia cuenta con un sistema de reciclado de aguas grises o negras, para su reutilización en usos secundarios tanto domésticos como de áreas recreativas.
8. De acuerdo con su experiencia y conocimiento de la colonia podría enlistarme los factores de riesgo y vulnerabilidad a los que podría estar sometida.
9. Con base a su experiencia, me podría mencionar el área total y que zonas abarca la colonia Chapalita (jurisdicción Residentes de Chapalita A.C.).

Hemos concluido con las preguntas ¡Muchas gracias por su valioso tiempo!

11.3. Anexo 3: Guía de entrevista

1. **Para los antecedentes de la Colonia Chapalita**, se entrevista al residente Ing. Nicolás Díaz Infante, que se ha involucrado en la fundación y ha realizado estudios importantes de la colonia:

Subcategoría: IES3 Eficiencia hídrica del Edificio.

Agua potable:

Los rasgos del proceso

- 1.1 Proceso cronológico de la urbanización en la colonia.
- 1.2 Proceso cronológico de la dotación de infraestructura en la colonia.
- 1.3 Construcción de pozos de abastecimiento
- 1.4 Población para la que fueron diseñadas las redes de abastecimiento de agua potable

Las características

- 1.5 Componentes del sistema de abastecimiento y vida útil
- 1.6 Características de una red de abastecimiento óptimo

La función

- 1.7 Factores que afectan la infraestructura por su antigüedad
- 1.8 Tipo de sistema de abastecimiento

Estructurales y uso

1.9 Acciones que realizar para pozos de abastecimiento contaminados

1.10 Acciones que realizar en pozos agotados

1.11 Tipo de acuífero y tipo de suelo

1.12 Consumo de energía en el sistema de bombeo

1.13 Normatividad que la rige

Frases de ayuda para inducir la plática:

- Por favor, me podría platicar cronológicamente (con fechas) como se fue poblando la colonia.
- Ahora dígame cronológicamente (con fechas) como fue el proceso de dotación de infraestructura de agua potable en la colonia.
- Podría enumerar el número total de pozos de abastecimiento que se construyeron en la colonia, en caso de que se hayan construido por etapas por favor, mencione fechas.
- Sería tan amable de decirme para cuantos pobladores fue diseñada la red de abastecimiento de agua potable.
- Mencione cuáles son los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable y la vida útil de la infraestructura.
- Según su experiencia mencione cuales son las características básicas que deben cumplir las redes de abastecimiento de agua potable de acuerdo con la CONAGUA.
- Por favor, dígame el tipo de sistema de abastecimiento de agua potable tiene la colonia, redes con tanques de regulación bidireccionales o multidireccionales, y redes con algún tanque de regulación unidireccional.
- Enliste los defectos o fallas que se presenta la red de abastecimiento de agua potable conforme van pasando los años, esto afecta su calidad.
- Sería tan amable de mencionar las acciones que se pueden llevar a cabo en caso de que un pozo de abastecimiento esté contaminado, enliste las posibles causas de su contaminación.
- Sería tan amable de mencionar las acciones que se pueden llevar a cabo en caso de que un pozo de abastecimiento esté agotado, o cree que ya no tiene caso tratar de rehabilitarlo.
- Según su experiencia, mencione el tipo de acuífero y el tipo de suelo de la región.
- Mencione aproximadamente el consumo energético de un sistema de bombeo como el que tiene la colonia.
- Por favor, mencione la normatividad bajo las que se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable.

Subcategoría: IES8 Gestión del agua de lluvia

Los rasgos del proceso

1.14 Construcción de pozos de absorción

1.15 Por favor, mencione la normatividad bajo las que se diseñaron los pozos de absorción.

Las características

1.16 Elementos de los pozos de absorción

La función, Estructurales y uso

1.17 Causas del mal funcionamiento de los pozos de absorción

Frases de ayuda para inducir la plática:

- Con base a su experiencia, caracterice el proceso de construcción de los pozos de absorción.
- Enliste las normas que rigen la construcción de los pozos de absorción
- Con base a su experiencia, enliste los elementos de los pozos de absorción
- Sería tan amable de describir las causas por las que los pozos de absorción no funcionan a su máxima capacidad para infiltrar el agua de lluvia a los acuíferos y que mejoras se podrían hacer de acuerdo con su experiencia.

Subcategoría: IES14: Gestión de las aguas residuales

Drenaje

Los rasgos del proceso

1.18 Proceso cronológico de construcción del drenaje

Las características

1.19 Tipo de drenaje

1.20 Programa de control de descargas de aguas residuales al sistema de drenaje

1.21 Componentes del sistema de drenaje y vida útil

Estructurales y uso

1.22 Factores que dañan la infraestructura de drenaje

1.23 Tipos de daño en la infraestructura del drenaje

La función

1.24 Proceso de mantenimiento de los pozos de visita

1.25 Dígame el proceso de mantenimiento de los pozos de visita y cuál es el impacto de su inadecuado mantenimiento.

Frases de ayuda para inducir la plática:

- De acuerdo con sus conocimientos, platíqueme cronológicamente el proceso de construcción del drenaje en Chapalita oriente, si fue planificado a nivel global y se fue construyendo por etapas conforme se iba urbanizando o se construyó toda la red.
- Ahora bien, mencione el tipo de drenaje de la colonia.
- Mencione cuáles son los componentes del sistema de drenaje y la vida útil de la infraestructura.
- Por favor, platíqueme los daños que sufre la infraestructura y afectan el adecuado funcionamiento de las diferentes partes del sistema,
- Enliste los tipos de daño en la infraestructura del drenaje y mencione las afectaciones ocasionadas por el paso del tiempo.

1.26 Problemas del sitio

1.27 Zonas de inundación.

1.28 Efectos cuantitativos de la urbanización de la Colonia Chapalita.

1.29 Efectos cualitativos de la urbanización de la Colonia Chapalita.

1.30 Soluciones del gobierno

1.31 Soluciones de los habitantes

1.32 Colaboración entre los vecinos para solucionar problemas

1.33 Reseña histórica de las inundaciones

Frases de ayuda para inducir la plática:

- Podría, enlistar los problemas de la Colonia Chapalita respecto a los temas: inundaciones, servicio de abastecimiento de agua potable, drenaje y recolecta de basura.
- Le agradeceré que me platique según su experiencia sobre las zonas inundables.
- Por favor, de acuerdo con sus vivencias mencione los efectos cuantitativos de la urbanización de la Colonia Chapalita.
- Según sus vivencias dígame los efectos cualitativos de la urbanización de la Colonia Chapalita.
- Con base a los temas: inundaciones, servicio de abastecimiento de agua potable, drenaje y recolecta de basura propuestas, tiene conocimiento de algunas soluciones que ha llevado a cabo el gobierno, por lo menos sabe si existen proyectos a futuro.
- Con base a los temas: inundaciones, servicio de abastecimiento de agua potable, drenaje y recolecta de basura propuestas, sabe de algunas soluciones que ha llevado a cabo los vecinos, por lo menos sabe si existen proyectos a futuro.
- Tiene conocimiento si existe la posibilidad de colaborar con los vecinos de la colonia y colonias aledañas para gestionar soluciones para las inundaciones que los aqueja.
- Tiene conocimiento de graves inundaciones (en temporada de lluvia y fuera de temporada) en la colonia Chapalita Oriente y colonias aledañas, el nivel mínimo y máximo al que ha llegado el agua, me podría contar una reseña histórica sobre el tema, preguntarle qué tipo infraestructura ha construido el gobierno municipal para mitigarlas y si considera que ha funcionado y por qué.

11.4. Anexo 4: Guía de entrevista

Para conocer detalles de la operación de la red, se entrevistó al jefe de mantenimiento de la colonia Chapalita.

1. ¿Cuál fue la profundidad inicial de los pozos de abastecimiento?
2. ¿Cuáles son las características del equipo de bombeo?
3. ¿Existe en la red de abastecimiento un tanque de almacenamiento y/o regulación?
4. ¿Cuál es la cuarta sección de la colonia?
5. ¿Cuál es el proceso de mantenimiento de la red de abastecimiento?
6. ¿Cuántas personas habitan actualmente en la colonia Chapalita, y en su totalidad a cuántas personas se les suministra agua potable?
7. ¿Para cuántas personas tiene capacidad cada pozo de abastecimiento?
8. ¿Cómo es el sistema de abastecimiento, qué elementos tiene?
9. ¿Cómo opera la red de abastecimiento?
10. ¿Cuáles son los problemas que se han presentado en la red de abastecimiento?
11. ¿Tienen algún plan de emergencia en caso de que algún equipo falle?
12. ¿Todavía compran agua del SIAPA?
13. ¿Cómo han resuelto o calibrado las presiones en la red de abastecimiento?
14. ¿Qué problemas se han prestado para el suministro de agua en las partes altas de la colonia?
15. ¿Qué problemas se ha presentado en cada pozo?
16. ¿Qué cantidad de agua se suministra por uso consuntivo?

17. ¿Existe algún sistema de monitoreo para los pozos?
18. ¿Qué tratamiento se le da al agua que se suministra?
19. ¿Cómo se regula el suministro de agua potable?
20. ¿Cómo es el sistema de riego de áreas verdes públicas?
21. ¿Cuánta agua se utiliza para el riego de áreas verdes públicas?
22. ¿Cuál es la fuente de abastecimiento para el riego de áreas verdes públicas?
23. ¿A qué hora se riegan las áreas verdes públicas y cuánto tiempo se riega?
24. ¿Cuántas veces se riegan las áreas verdes públicas?
25. ¿Cuánta agua se consume para el riego de áreas verdes públicas?
26. ¿Cuántos pozos de absorción se operan en la colonia?
27. ¿Qué características tienen los pozos de absorción?
28. ¿Hace cuánto tiempo se instalaron los pozos de absorción?
29. ¿Cuáles fueron los criterios utilizados para ubicar los pozos de absorción?
30. ¿Cada cuando se les da mantenimiento a los pozos de absorción?
31. ¿Cuál es el proceso de mantenimiento de los pozos de absorción?
32. ¿Cuáles son las zonas de inundación en la colonia?
33. ¿Cuánto tiempo tarda en bajar el nivel del agua en las zonas inundables?
34. ¿Recibieron capacitación de la empresa que instaló los pozos de absorción para darle un adecuado mantenimiento?

11.5. Anexo 5: Estatutos de la Colonia Chapalita

CAPITULO XIII

REGLAMENTO DE CONSTRUCCION, ORNATO Y ECOLOGIA

Artículo 60.- Exposición de motivos: La colonia Chapalita fue concebida y diseñada para ser una zona de residencias unifamiliares que tuvieran las siguientes características (Residentes de Chapalita A.C, 2016):

- I. Zona con jardinería y arbolado abundante para lograr una imagen agradable, (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- II. A lo largo de más de 60 años del desarrollo de la colonia los residentes (propietarios e inquilinos), nos hemos esforzado para reafirmar esta vocación original y por mejorar en lo posible la imagen original y por mejorar en lo posible la imagen visual y el hábitat en beneficio de todos (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- III. se han invadido servidumbres que han mini fraccionado lotes, se han construido áreas reservadas para jardines e inclusive se ha tratado de lucrar hasta con las banquetas; se han realizado construcciones, adaptaciones de apartamentos sin tomar en cuenta las elementales normas sanitarias ni la adecuación de tales construcciones a la vocación habitacional residencial de la colonia, ni al medio ambiente, sin respetar las Leyes, Reglamentos y Planes Parciales y este Reglamento al margen de los permisos de Obras Públicas Municipales (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- IV. Ciertamente toda zona habitacional requiere de zonas comerciales además de que el crecimiento explosivo del área metropolitana ha colocado a Chapalita en una Zona Céntrica y sus avenidas se han convertido en vías de paso para áreas urbanas más a la periferia, lo que ha ocasionado alta densidad de tránsito sobre todo en horas pico, con el consiguiente incremento en la contaminación ambiental por los desechos de la combustión de motores y auditiva y el aumento de accidentes con daños a veces fatales

a personas y propiedades y no se ha podido contar con los señalamientos, semaforización y vigilancia adecuada sobre todo en cruceros y áreas de alto riesgo (Residentes de Chapalita A.C, 2016).

Artículo 61.- Objetivos:

- V. Con el objeto de cuidar y conservar la armonía y estética de la colonia las construcciones y remodelaciones serán presentadas a la asociación para recabar de esta el visto bueno por escrito, para que acto seguido y previo este requisito la Dirección de Obras Públicas Municipales y demás dependencias gubernamentales les concedan las licencias y permisos correspondientes (Residentes de Chapalita A.C, 2016).

Artículo 62.- Obras Nuevas Unifamiliares: La habitación unifamiliar se sujetará a lo estipulado en el contrato original es decir residencial de primera y podrá construirse en cualquier calle o avenida de la colonia siempre y cuando se sujete a las siguientes limitaciones (Residentes de Chapalita A.C, 2016):

- I. Su altura no excederá de 2 plantas o 7.00 m. de altura con respecto al arroyo de la calle (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- II. Dejará siempre en la servidumbre un mínimo de 60% de área ajardinada;
- III. La altura total de la verja no excederá 2.40 mts. y podrá construirse con partes de muros combinados con herrería y celosía de modo tal que no se exceda de más del 50% ciego respetándose la transparencia a la fachada a través de la verja o herrería (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- IV. Las verjas laterales en la zona de servidumbre frontal (5.00 mts) se regirán con las mismas características del punto anterior (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- V. Fuera de la entrada para los vehículos (no mayor al 40% de área frontal) se respetarán invariablemente las áreas verdes de las servidumbres públicas (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- VI. El 40% de la superficie del terreno deberá siempre destinarse a jardín y será obligatorio construir un pozo de absorción para recuperar la totalidad de las aguas pluviales (tanto de las azoteas como de los jardines) (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- VII. Todas y cada uno de los inmuebles construidos en la colonia, deben forzosamente contar con aljibe, mismo que se recomienda realizarlos lo más cercano a la calle (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- VIII. Cubrir con la perspectiva de la imagen visual de los tinacos, tendedores o servicios que estén en azoteas o sean visibles desde la calle (Residentes de Chapalita A.C, 2016).

Artículo 63.- Obras Nuevas Multifamiliares:

- I. Estas solo podrán construirse en avenidas de doble arroyo, con camellón de 6 o más carriles de circulación y que a saber (Residentes de Chapalita A.C, 2016):
 - a) Avenida López Mateos,
 - b) Avenida Lázaro Cárdenas,
 - c) Avenida Guadalupe,
 - d) Avenida Niño Obrero.
- II. Los niveles que podrán elevarse sobre el nivel del arroyo de la calle serán hasta de 6 pisos o 17 m. por las Avenidas López Mateos y Lázaro Cárdenas y hasta 4 pisos o 12

- m. por las Avenidas Guadalupe y Niño Obrero, debiendo compaginar con lo establecido en los planes parciales de desarrollo (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- III. Dadas las limitaciones para las prestaciones de los servicios públicos principalmente el agua, drenaje, aseo, etc., y la necesidad de evitar situaciones de hacinamiento, estos sólo podrán ubicarse donde el Plan Parcial de Desarrollo Urbano y el Reglamento Para la Protección del Patrimonio Edificado y Mejoramiento de la Imagen del Municipio de Zapopan lo marque (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- IV. En cada predio donde se construyan viviendas multifamiliares deberá de quedar en un 40% del área para jardines en la propiedad privada, los cuales no deberán por ningún motivo exceder los Coeficientes de Ocupación de Uso del Suelo y Coeficientes de utilización del uso del suelo que determinen en su momento los planes parciales de Desarrollo Urbano (Residentes de Chapalita A.C, 2016).
- V. Por cada departamento construido deberá reservarse área suficiente para un mínimo de 2.5 cajones de estacionamiento que pueden ser a nivel o de preferencia sótano (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- No podrá utilizarse la servidumbre para estacionamiento ni la pública ni la del frente de la edificación. En todo caso deberá respetarse un 60% del área ajardinada intransitable por automóviles (Residentes de Chapalita A.C, 2016).
- En la Avenida Parque Juan Diego, Chapalita, etc., ya no se podrán construir habitaciones multifamiliares ni comercios y en el jardín público (área municipal) al frente de las propiedades privadas solo se podrá pavimentar las huellas para el ingreso de los vehículos y el estacionamiento de estos deberá estar en el interior de las propiedades (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- VI. Estos requisitos obligatorios al recabar la anuencia por escrito de Residentes de Chapalita, A.C. para luego continuar con los de más tramites de licencia para construcción (Residentes de Chapalita A.C, 2016).
- Artículo 64.- Zonificación:
- II. En toda su extensión las siguientes avenidas: López Mateos, Lázaro Cárdenas, Niño Obrero y Guadalupe quedando restringido los giros de alto impacto como son talleres mecánicos, gasolineras e instituciones educativas de toda índole (Residentes de Chapalita A.C, 2016).
- Artículo 65.- Normas de Construcción en la Zona Comercial:
- I. En la servidumbre no construible tendrá un mínimo de 7 mts. a partir del límite de la propiedad privada, el séptimo metro se reservará para construir una jardinera con plantas de ornato respetando el acceso del local (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- II. En los primeros 7 mts. de la línea divisoria de los diferentes predios comerciales se construirá en la servidumbre una jardinera con plantas de ornato que sirva de límite entre ambos comercios con un mínimo de anchura de 80 cm y en las esquinas 25.00 m² (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- IV. Toda instalación comercial, además de las licencias reglamentarias, deberán contar con instalaciones sanitarias suficientes y en permanente estado de servicio y limpieza, sobre todo en los expendios de comida (Residentes de Chapalita A.C, 2016).
- V. Por razones de seguridad, higiene y estética queda abolido el comercio callejero, sea ambulante fijo o semifijo (Residentes de Chapalita A.C, 2015).

- VI. El horario comercial será como máximo entre las 7 A.M. y 9 P.M. a excepción de los restaurantes que podrán trabajar hasta las 23:30 hrs (Residentes de Chapalita A.C, 2016).
- VIII. Ningún vehículo en toda la colonia deberá estacionarse en la servidumbre pública, en las banquetas o en áreas peatonales (Residentes de Chapalita A.C, 2016).
- Artículo 65.- Ornato y Ecología:
- I. Para una adecuada protección para la fisonomía y logro de ambientes en toda la colonia, se procurará el cuidado al máximo de camellones, arboledas y áreas verdes públicas y privadas (Residentes de Chapalita A.C, 2016);
- II. La servidumbre pública y privada destinada a área verde, estará al buen cuidado del propietario del predio, en la servidumbre pública se respetarán invariablemente el área verde y los árboles. La gerencia de Residentes de Chapalita de acuerdo con los particulares colaborará con la reposición de los árboles en las áreas desforestadas, procurando plantar las especies adecuadas a cada lugar, quedando abolidos las siembras de árboles que con el tiempo se vuelven peligrosos como son los eucaliptos, casuarinas, pirul y hules, en las oficinas de la Asociación existirá un inventario de árboles recomendados para el fraccionamiento (Residentes de Chapalita A.C, 2016).
- III. En las áreas verdes que por necesidad de acceso al estacionamiento tengan que cubrirse el área verde de la servidumbre pública se construirán cajetes para el arbolado a cada 6 metros al frente de los predios (Residentes de Chapalita A.C, 2016).
- VII. Se recomienda a los colonos que cumplan con su responsabilidad respecto del cuidado del arbolado y en caso de toda poda deberá contar con los permisos de las autoridades correspondientes (Residentes de Chapalita A.C, 2016).
- Así mismo, los asociados o colonos deberán otorgar un adecuado mantenimiento de sus fachadas, manteniéndolas pintadas, sin cristales rotos y muy en particular en que las servidumbres públicas y privadas estén bien aseadas y con su jardinería bien cuidada (Residentes de Chapalita A.C, 2016).
- X. Es responsabilidad de los propietarios de predios el aseo (de la banqueta) del arroyo al frente de sus predios, recogiendo la basura y depositándola en botes o bolsas, para facilitar su manejo por el camión recolector (Residentes de Chapalita A.C, 2016).

CAPITULO VII

COBRANZA

Artículo 13: los asociados deberán cubrir una cuota ordinaria y extraordinaria que fije la Asamblea Ordinaria y Extraordinaria en la forma y términos que los estatutos establecen y de conformidad con lo siguiente (Residentes de Chapalita A.C, 2016):

V.- A los residentes de casa habitación que se atrasen más de 3 meses independientemente de que se les aplique cualquier sanción administrativa se le reducirá el servicio de agua hasta un 50% del caudal que recibe ordinario o en su defecto al mínimo indispensable que señalen las leyes sanitarias en vigor y no se restituirá el servicio a menos que pongan al corriente el adeudo (Residentes de Chapalita A.C, 2016).

Artículo 14: El monto de las cuotas ordinarias deberán cubrir el costo de los servicios que la Asociación imparte, esas cuotas deberán ser proporcionales (Residentes de Chapalita A.C, 2016):

- a) A la extensión superficial.

- b) A la ubicación y tipo de construcción.
- c) Al destino y vocación del inmueble que cada asociado posea.

Artículo 17: Los asociados, que hagan mal uso de los servicios como falta de cuidado en la utilización del agua o del aseo o el mantenimiento de los lotes baldíos, se harán acreedores de un cargo adicional de hasta un 200% de la cuota mensual de su propiedad y en caso de reincidencia se podrá llegar a la suspensión del servicio (Residentes de Chapalita A.C, 2016).

11.6. Anexo 6: Historial de Inundaciones en la Colonia Chapalita

A continuación, se caracteriza el historial de inundaciones en la Colonia Chapalita y alrededores, se han registrado 70 eventos de inundación durante 1983-2015, la información se obtuvo de los datos generados por el Departamento de Geografía y Ordenación Territorial del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades (CUCSH), a continuación, se presenta un análisis del historial de inundaciones en dos periodos, el primero abarca de 1983-2000 y el segundo abarca del 2001-2015:

Durante 1983-2000 se registraron 14 inundaciones en Chapalita y alrededores:

- El 20 y 29 de agosto de 1983, se registraron 2 en el paso a desnivel de López Mateos y Niños Héroes, los daños materiales fueron postes y árboles caídos, grandes embotellamientos, choques sin víctimas y suspensión de la energía eléctrica. El día 20 la UDG informó 36 mm en los pluviómetros y vientos de 65 km/h.
- En 1990 se registró una inundación importante en la Av. López Mateos, la lámina de agua alcanzó de 60 a 70 cm.
- En 1995 se registraron 4 inundaciones, la Av. López Mateos, se inundó dos veces, la primera fue en mayo, la lámina del agua alcanzó 40 mm. La segunda se dio el 20 de junio. La tercera inundación severa que se registró en la Calzada Lázaro Cárdenas en convergencia con la Av. López Mateos, sin fecha de registro. La cuarta inundación fue el 25 de agosto en la Av. López Mateos en convergencia con la Av. Las Rosas la lámina de agua alcanzó 60 cm de altura.
- El 3 de agosto de 1996, se dio una inundación en Av. Tepeyac con C. Cuauhtémoc (cd. Del Sol).
- En 1997 se registraron 5 inundaciones, la primera se registró en la Av. Guadalupe con Calzada Lázaro Cárdenas, se reportaron vehículos atrapados por las fuertes corrientes. Dos más se dieron el 10 de junio en diferentes puntos como la Av. Guadalupe entre la calle Fray Juan de Zumárraga y Sn. Pablo, el otro punto inundado fue la Av. López Mateos para mitigar el impacto los bomberos y protección civil pusieron en marcha un operativo de auxilio. Dos puntos críticos se reportaron a través de notas periodísticas el 12 de junio, el primero fue la Av. Guadalupe con la Calzada Lázaro Cárdenas, la altura de la inundación fue de 1 m, el segundo punto fue la Av. López Mateos con Av. 12 de Diciembre, los daños materiales oficialmente reportados por el ayuntamiento fueron 63 vehículos atrapados por las fuertes corrientes de la tormenta.
- En el año 2000 se dio otra inundación en Arcos con Av. López Mateos, se reportaron daños materiales en 40 viviendas inundadas.

Durante 2001-2015 se registraron 57 inundaciones en Chapalita y alrededores:

- El 06 de septiembre de 2001, hubo una inundación en la Av. López Mateos con Av. Las Rosas.
- El 23 de agosto de 2003 hubo una inundación que alcanzó una altura de 30 cm en la Glorieta Minerva.
- En el 2004 hubo 2 inundaciones la primera (de tipo fluvial) se dio el 04 de julio en la Av. Guadalupe con Av. Niño Obrero y Sta. Rita, la segunda fue el 05 de agosto en la calle Antonio Valeriano con una altura de 25 cm con daños materiales a inmueble.
- En el 2005, se inundó en Chapalita la Av. López Mateos con Av. Las Rosas, el agua alcanzó 1 m de altura, los daños materiales reportados fueron vehículos varados, árboles derribados y encharcamientos.
- Las inundaciones aumentaron en el 2006, se registraron 5, la primera fue el 14 de julio en la Av. López Mateos con Niños Héroes el agua alcanzó 1 m de altura, la CNA reportó 10.7mm de precipitación, la lluvia estuvo acompañada de granizo, este evento ocasionó caos vial. La segunda fue el 05 de agosto, la Calzada Lázaro Cárdenas sufrió otra inundación entre Av. Las Rosas y El Palomar, el agua alcanzó 80 cm de altura. La Av. López Mateos con Niños Héroes tuvo dos inundaciones, la primera fue el 01 de octubre de 2006, la quinta ocurrió en el paso a desnivel, no tiene fecha de registro. La Av. López Mateos con Av. Las Rosas se inundó el 11 de noviembre, la altura del agua fue de 40 cm.
- Un año importante fue el 2008 con 8 inundaciones, el mes de junio fue el más activo con 4 inundaciones, la primera fue el 09 de junio en la Av. López Mateos con Av. Las Rosas con afectación a los carriles del paso a desnivel. La segunda fue el 11 de junio de 2008 en la Av. López Mateos con Av. Las Rosas, la afectación se dio en el túnel vehicular debido al destape de las alcantarillas, dos inundaciones se dieron el 21 de junio en el paso a desnivel de Av. Las Rosas, también hubo afectación al túnel vehicular entre Av. López Mateos y Av. Las Rosas.
- La quinta fue el 05 de julio del 2008, se volvió a inundar la Av. López Mateos con Av. Las Rosas, se originó por la insuficiencia del sistema de drenaje que llevó a la ruptura de 250 m del colector del túnel de Las Rosas, este colapso ocasionó el cierre de la vialidad para reparar el colector. La sexta fue 23 de julio hubo una inundación en la Glorieta Chapalita con Av. Sn. Ignacio (está en un pozo de absorción peligroso) que ocasionó congestionamiento vial provocado por encharcamientos.
- El 19 de septiembre del 2008 se registraron dos inundaciones más en dos puntos diferentes, una en la Calzada Lázaro Cárdenas con Av. Guadalupe que ocasionó la caída de un árbol, esto obligó a suspender el tráfico que dio lugar a un embotellamiento severo, la otra inundación que ocasionó caos vial ocurrió en Av. Tepeyac con Av. 12 de diciembre.
- 5 inundaciones se dieron en el 2009, una se registró el 03 de julio en Lorenzana con Calzada Lázaro Cárdenas, la lámina de agua alcanzó los 60 cm, la inundación ocasionó caos vial, se reportaron 35 vehículos varados y 29 choques. El 13 y 14 de septiembre se inundó la Av. López Mateos con Av. 12 de diciembre, la lluvia generó desperfectos eléctricos ocasionando el apagado de semáforos. El 22 de septiembre se registró un aguacero con granizo en algunos puntos y rachas de viento intensa tuvo una duración de 1 h con 15 min, en la Av. López Mateos, la lámina de agua de la inundación llegó al metro y medio, sus efectos se dejaron ver en el túnel vehicular

que se cerró de las 20:00 a 21:15 horas porque se llenó de agua dejando 40 vehículos varados, otro efecto de la lluvia fue la caída de 24 árboles, cuatro sobre autos y uno sobre una casa.

- 3 inundaciones se dieron en el 2010, una ocurrió el 03 de febrero en la Av. Las Rosas desde Av. López Mateos hasta Mariano Otero, esto ocasionó la caída de 30 vehículos en un bache por los encharcamientos provocados por la lluvia. El 24 de junio se reportaron inundaciones en diferentes lugares, la primera fue en el paso a desnivel de la Calzada Lázaro Cárdenas con Av. Guadalupe, otro tramo inundado del paso a desnivel en la Calzada Lázaro Cárdenas con Av. López Mateos, la lluvia ocasionó la caída de 45 árboles.
- El año más activo fue el 2011 con 9 inundaciones registradas, cuatro de ellas se registraron el 29 de junio en diferentes puntos, el primero fue en la Av. López Mateos con Av. Guadalupe (un espectacular estuvo a punto de caer sobre un restaurante), el segundo punto de mayor inundación fue la Calzada Lázaro Cárdenas (Av. México) con Sn. Uriel, el tercer punto fue la Av. López Mateos con Tizoc, la lluvia provocó árboles caídos en la vialidad que provocó congestionamientos viales, el cuarto punto de inundación se dio en la Av. López Mateos con Moctezuma, la inundación ocasionó la caída de 1 árbol, postes y cables del tendido eléctrico sobre la vialidad.
- El 27 de septiembre del 2011 se registraron cuatro inundaciones, una en la Av. López Mateos con Av. México, la altura de la lámina de agua fue mayor de 50 cm, otro punto inundado fue la Calzada Lázaro Cárdenas con Av. Guadalupe, la altura de la lámina de agua fue mayor de 50 cm, la tercera inundación se dio en la glorieta Chapalita en la zona el agua sobrepasó el nivel de las banquetas, la cuarta inundación fue en la Av. Las Rosas con Ermita el agua también sobrepasó el nivel de las banquetas, todas las inundaciones ocasionaron congestionamientos viales por encharcamientos en la vía pública.
El 29 de septiembre se inundó la Calzada Lázaro Cárdenas con Av. López Mateos, el agua sobrepasó el nivel de las banquetas.
- En el 2012 se registraron 4 inundaciones, el 14 de junio hubo una en la Av. López Mateos en el túnel vehicular, la causa fue una fuga de agua que mantuvo cerrados los carriles durante casi 30 min, otra se dio el 09 de julio en la Av. López Mateos casi esquina Niños Héroes, la tormenta dejó como saldo varios semáforos descompuestos en la ZMG y el montaje de un camión de la ruta 24 sobre la Cola de Caimán de López Mateos. El 16 de agosto del mismo año hubo una inundación en el puente Matute Remus a la altura de la Calzada Lázaro Cárdenas con Av. López Mateos, días después, el 18 de agosto se registró una inundación en la Av. López Mateos, la lluvia provocó la caída de 7 árboles y varios vehículos varados en toda la ZMG, especialmente en esa avenida.
- 7 fueron las inundaciones del 2013, una fue el 15 de julio en la Av. López Mateos con afectaciones a las viviendas, el 06 de agosto se inundó la calle el Cubilete con Av. López Mateos, el temporal afectó el transporte y los transeúntes por vialidad lenta.
El 26 de septiembre se registraron 3 inundaciones en diferentes tramos entre Cubilete con Av. López Mateos (Jardines Plaza del Sol y Chapalita Sur), las inundaciones provocaron cierre vial. El 27 de septiembre la inundación en el Cubilete con Av.

López Mateos la lámina de agua alcanzó 80 cm de altura, ese mismo día también se inundó la Av. Niño Obrero con Av. Tepeyac, esto afectó la movilidad urbana por falla en los semáforos.

- Las inundaciones del 2014 fueron seis, dos el 04 de julio localizados en diferentes puntos 1. calle Sn. Agustín con Sta. Rita, llovió muy fuerte, el agua complicó la circulación en varias calles, 2. Sn. Ignacio con Av. Guadalupe, los encharcamientos llegaron hasta 30 cm de altura, tal evento ameritó trabajo del personal de parques y jardines, sin embargo, protección civil señaló que no hubo afectaciones en las viviendas y el agua complicó la circulación en varias calles.
El 16 de julio de 2014 tuvo lugar una inundación en la Av. Niño Obrero cercana a la calle de la Reyna, Bomberos de Guadalajara y Zapopan reportaron árboles caídos.
El 12 de agosto de 2014, hubo una inundación por temporal en la Av. López Mateos, afectó viviendas, ese mismo año se registró una inundación el 20 de agosto en la zona de Chapalita, se reportaron severos encharcamientos debido a la breve, pero intensa precipitación que provocó, la caída de al menos 3 árboles en la ciudad.
El 07 de septiembre de 2014, se inundó la Av. Guadalupe y San Juan Bosco, la lluvia derribó un árbol debido a intensa precipitación.
- En el año 2015, se registraron 5 inundaciones: el 25 de junio se inundaron dos puntos la Av. Guadalupe y en la Av. Tepeyac, en ambas vialidades se presentaron severos encharcamientos. El 03 de julio la Av. Guadalupe sufrió otra inundación hubo encharcamientos sobre la vialidad, la lluvia sorprendió en un horario inusual que afectó prácticamente en toda la Zona Metropolitana de Guadalajara. El 07 de julio otras dos inundaciones azotaron las avenidas Av. Guadalupe y Av. Tepeyac, con encharcamientos severos sobre las vialidades.

11.7. Anexo 7: Requerimientos para la colonia Chapalita

Observaciones de la calidad del agua en comunicación personal con 36 residentes:

- Mejorar la calidad del agua de la red, no es de buena calidad por la edad de la infraestructura, las tomas domiciliarias son viejas (algunas son de hace 30 años), y la contaminación natural del agua, sale muy mineralizada, el agua en Chapalita es muy salitrosa (dura).
- El agua huele mucho a cloro y si la cloran mucho es porque está muy contaminada, por lo tanto, no es de buena calidad.
- No estacionar los camiones de la basura en el mismo lugar donde está el pozo Pocito, es insalubre.
- Regular los comercios, porque desechan grasa, cuando llueve se infiltra esa agua grasosa entre otros desechos, también se infiltra agua jabonosa que proviene de los comercios y de las viviendas.
- Hay que revisar y regular los desechos del hospital Santa María Chapalita, porque pueden contaminar el agua.
- No se sabe si el agua de la red es potable, nunca se han animado a tomársela.

Observaciones de la frecuencia del abastecimiento en comunicación personal con 36 residentes:

- Había una fuerte presión cuando empezó Chapalita y no se necesitaba el aljibe, ahora mucha gente no tiene o tuvo que construirlo porque ya no hay tanta presión en la red.
- En Cuautitlán, por el colegio de las mercedarias (colegio de la Vera-Cruz), recuerdo que decían que a cada rato se quedan sin agua, ahora, yo creo que algunos no tienen aljibe; si nosotros no tuviéramos aljibe, más de una vez nos habríamos quedado sin agua, por más que se hubiera llenado el tinaco por la pura presión, pero, si sigue sin llegar el agua y sin la reserva del aljibe ya no tendríamos agua.
- Hay días que cuando se abre la llave de la calle no hay agua, sobre todo, en abril-mayo en temporadas de secas, o no hay agua en la tarde. Sí, se nota el cambio de la presión en esos meses hay menos. A veces tiene tanta potencia que sube sin motor hacia el tinaco, a las 6:30 pm o por las noches se escucha que está subiendo el agua, pero no se tiene una hora exacta en la que se suministra el agua.

Particularidades de la colonia Chapalita en comunicación personal con 36 residentes:

- Organizar campañas de concientización, en la colonia nadie ha promovido campañas de concientización para el cuidado del agua.
- Si la Conagua no renueva las concesiones o si los pozos se municipalizan es un problema bastante serio y gravísimo. Hay que tener una buena relación política para mantener los privilegios de Chapalita. Sin un presidente municipal que obstaculice a la colonia, RCH, tiene que lidiar con 2 municipios diferentes.
- La gestión del agua es problemática, porque, no se sabe que tantos recursos hídricos estén disponibles y RCH no tiene un plan de gestión a largo plazo y sólo ven cómo sobrevivir en el año, no se sabe si RCH tiene un plan emergente en el que se contemple la gestión de recursos hídricos en 20 o 30 años o se limitan a seguir sobreviviendo. Cada vez habrá más gente y la demanda del agua aumentará y, si sigue el mismo modelo de gestión tan limitado de recursos con el manejo al día para sobrevivir el año, a ver cómo le hacemos en el futuro.
- La zona de la colonia Chapalita es sensible a los movimientos telúricos, se sienten bastante los temblores, también la antigüedad de las construcciones es un factor de riesgo. Si no se cuenta con una buena infraestructura las construcciones se vienen abajo. Los temblores se sienten con mayor intensidad en Chapalita, quiere decir que, ya hay oquedades en el subsuelo, pasa lo mismo que en la CDMX, puede que nos estemos quedando sin el colchoncito de la capa freática saturada, por eso es muy importante procurar la recarga de los mantos freáticos, las malas prácticas ocasionan sobreexplotación, los acuíferos se secan el colchón de agua desaparece y hay hundimientos en las casas, los materiales tienen que ser muy resistentes para darle firmeza a las fincas.
- La cuota se hace mucha porque el cobro se rige por los metros cuadrados del terreno no por el consumo real, es decir, en una casa pequeña y en una grande se puede consumir lo mismo, pero, a la que tiene la mayor superficie se le cobra más, aunque se ahorre agua, no se ve reflejado en el recibo.

- Para instalar sistemas de ahorro de agua habría que tener un balance entre el pago del agua y el costo del sistema de ahorro, que ya no tendría sentido si se paga menos por el agua y el sistema de ahorro cuesta más.
- Si se pone en la balanza lo que cuesta arreglar bien una fuga y pagar el excedente, si sale más económico el excedente, se deja así y ya, nadie quiere invertir mucho para ahorrar agua, es más visto como un gasto más que una inversión.
- La tecnología es un problema por las construcciones viejas de Chapalita y podría ser un gran facilitador, pero no se está aprovechando, la tecnología existe, pero no se usa bien, falta concientizar a la gente sobre el uso de la tecnología.
- La mayoría de las personas (80%) en la colonia es jubilada, ya no hay capacidad económica. Hay casas y terrenos de la colonia que son muy grandes y no dan para una economía familiar, es decir, son de alto mantenimiento es difícil sostener estas casas, cambió la economía social antes era clase media alta, cambió a media baja y por eso han cambiado su uso, se volvieron colegios, etc., cambio la naturaleza de la casa habitación en la colonia, la única parte que ha logrado defender un poco su naturaleza habitacional, es la Av. Parque Juan Diego.
- La gente renta su casa para comercio y se va a rentar un lugar más pequeño, son personas mayores que viven de sus rentas. Es una colonia que no se sostiene por la dimensión de los terrenos, la mayoría son herencias y los hijos venden a empresas, ha disminuido la capacidad económica de los habitantes, aquí se palpan los problemas de la economía nacional.
- Se paga, básicamente todos los servicios (el agua, jardinería, mantenimiento urbano, es decir, la reparación de banquetas, calles y alumbrado público, mantenimiento de glorietas, parques, plazas)” (*comunicación personal con el gerente RCH, Arq. Carlos Sánchez, 2016*). Al respecto, en conversación personal se les cuestionó a los residentes a lo que respondieron que “la cuota establecida es por la prestación de aproximadamente 32 servicios incluyendo el agua” (*comunicación personal con 36 residentes, 2016*).